

GUILHERME DE MENEZES SUCCI

**Emprego da anastomose cavo-pulmonar associada a
assistência ventricular esquerda com bomba centrífuga em
modelo experimental de disfunção biventricular**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Doutor em Ciências.

Área de concentração: Cirurgia Torácica e Cardiovascular
Orientador: Prof. Dr. Luiz Felipe Pinho Moreira

São Paulo

2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Succi, Guilherme de Menezes

Emprego da anastomose cavo-pulmonar associada a assistência ventricular
esquerda com bomba centrífuga em modelo experimental de disfunção biventricular /
Guilherme de Menezes Succi. -- São Paulo, 2008.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
Departamento de Cardio-Pneumologia.

Área de concentração: Cirurgia Torácica e Cardiovascular.

Orientador: Luiz Felipe Pinho Moreira.

Descritores: 1.Insuficiência cardíaca congestiva 2.Coração auxiliar 3.Derivação
cardíaca direita 4.Cães

USP/FM/SBD-176/08

Dedicatória

À minha família,

Fabiana, minha amada esposa e fonte de meu entusiasmo para querer sempre progredir. Apoiadora nos momentos mais difíceis e parceira em todas as situações. Com você os obstáculos nunca são insuperáveis. Quero estar para sempre ao seu lado.

João e Felipe, meus queridos filhos, razão de todo o meu trabalho e estímulo. Responsáveis pela alegria contínua mesmo nos momentos mais difíceis.

A vocês três, minha eterna gratidão pela sempre carinhosa compreensão nos freqüentes momentos de privação do meu convívio, em favor da realização desta tese.

Meu pai, José Ernesto Succi, exemplo de homem e profissional e pai sempre dedicado. Inspiração nesta minha escolha pela difícil profissão de cirurgião cardíaco.

Minha mãe, Regina Célia, exemplo a ser seguido na execução da pesquisa médica de qualidade. Obrigado por todo esforço e permanente carinho dedicados em minha formação, responsáveis pelos meus princípios, fundamentais na determinação obtida para o desenvolvimento desta tese. Obrigado também pelas sugestões sempre acolhidas na redação deste material.

Aos meus avôs, Luis Succi (in memoriam) e Fernando Menezes (in memoriam), e minhas avós, Albertina Diz de Menezes (in memoriam) e Helena Succi, exemplos de coragem e força de luta, pelo amor e disposição permanentes em me ajudar, em todos os momentos de minha vida.

Aos meus irmãos, Gustavo, Frederico, Robson, Camila, Ana Paula e Tereza, pela amizade e companheirismo, sempre estimuladores de minhas conquistas.

Aos meus sogro, José Odorico de Oliveira Passos e sogra, Maria do Carmo Moreira Passos, pelo estímulo na conclusão desta jornada e por terem me dado o maravilhoso presente da convivência com sua filha.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Luiz Felipe Pinho Moreira, mais que um orientador, um grande Mestre, exemplo de postura e zelo científico. Orientador desta tese e responsável pela análise estatística dos dados. Dotado de privilegiada visão científica, sempre com sugestões acertadas para a melhora do resultado final da tese.

Meus sobrinhos Zeca, Nana, Pedro, Enrico e Rafael, pelas risadas nos momentos de descontração.

Meus cunhados Jussara, José Luiz, Susana, Ângelo, Juliana, Flávio, Eveline e Michel pelo convívio harmonioso e apoio sempre que necessário.

A todos os meus queridos amigos que, privados do meu convívio durante muitos momentos do desenvolvimento desta tese, souberam compreender-me e sempre me apoiaram.

Cira,, auxiliar fiel das cirurgias experimentais e disponível para a ajuda tão necessária em projeto tão longo e trabalhoso com este.

Edu, Magda e todos os funcionários da Bioengenharia pelo apoio sempre voluntário e descontraído na execução dos longos experimentos deste projeto.

Rodrigo, aluno de medicina, parceiro fiel na realização das cirurgias.

Juliana, secretária das Pós-Graduação, pela ajuda sempre bem-vinda no enfrentamento das traves burocráticas da tese.

A Neusa Eva, do Departamento de Pós-Graduação, sempre amáveis, disponíveis e capacitadas a orientarem sobre a execução desta tese.

À Medtronic, pelo valioso apoio em fornecer a bomba centrífuga, BIOPUMP, gentilmente cedido para este estudo.

Cristiano, Ricardo Corso, Zé Mário, Canêo, Gustavo, Atik e todos os amigos do Incor-DF pela ajuda, paciência e compreensão nos anos de realização deste projeto.

Ao Dr. Renato Assad pelas sugestões valiosas durante a execução da tese.

Aos doutores Ismar Newton Cestari, Adolfo Alberto Leirner e Idágene Aparecida Cestari do Centro Experimental de Pesquisas em Bioengenharia por ceder o magnífico laboratório para a realização dos experimentos.

*Júnior Falcetti, desenhista brilhante, responsável pelas
ilustrações do texto.*

*Adriana Quadros, pela excelência na revisão e diagramação da
tese.*

*Aos colegas do Laboratório de Análises Clínicas do Incor pela
realização dos exames da tese.*

*Ao Instituto do Coração – HC-FMUSP, por ter me
proporcionado condições de excelência para a realização desta tese.*

*À Deus, nosso pai maior, que me permitiu estar aqui, realizando
este sonho e conquistando amigos tão preciosos.*

Sumário

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE GRÁFICOS

RESUMO

SUMMARY

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS DO ESTUDO.....	7
3. ASPECTOS RELEVANTES DA LITERATURA.....	9
3.1. Epidemiologia e resultados atuais do transplante cardíaco.....	10
3.2. Utilização de dispositivos de assistência ventricular na insuficiência cardíaca e suas complicações.....	11
3.3. A importância do ventrículo direito.....	14
3.4. Utilização da anastomose cavo pulmonar.....	15
3.5. Contra pulsação com balão para auxílio ao VD.....	16
4. MÉTODO.....	18
4.1. Local da pesquisa.....	19
4.2. Característica dos animais.....	20
4.3. Dinâmica de avaliação.....	20
4.4. Preparação.....	21
4.4.1. Anestesia.....	21
4.4.2. Técnica operatória.....	21
4.4.3. Realização da anastomose cavo-pulmonar.....	22
4.4.4. Indução de fibrilação ventricular.....	24
4.4.5. Assistência circulatória com bomba centrífuga.....	25

4.4.6. Instalação da bomba centrífuga.....	25
4.4.7. Instrumentação para monitorização de pressões e fluxos.....	26
4.5. Avaliação laboratorial.....	29
4.6. Análise estatística.....	29
5. RESULTADOS.....	30
5.1. Avaliação das pressões.....	32
5.1.1. Pressão de veia cava superior.....	32
5.1.2. Pressão arterial média.....	33
5.1.3. Pressão de átrio direito.....	34
5.1.4. Pressão de átrio esquerdo.....	35
5.1.5. Pressão de ventrículo direito.....	36
5.2. Avaliação dos fluxos.....	37
5.2.1. Fluxo de veia cava superior.....	37
5.2.2. Fluxo pulmonar.....	38
5.2.3. Fluxo pulmonar total.....	39
5.2.4. Fluxo da bomba centrífuga.....	40
5.3. Avaliação da variação da dosagem de lactato.....	41
6. DISCUSSÃO.....	42
7. CONCLUSÕES.....	52
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
9. ANEXOS.....	65

Lista de Figura

	Pág.
Figura 1. Posicionamento do animal e via de acesso.....	22
Figura 2. Anastomose cavo-pulmonar com fluxômetro posicionado na veia cava superior.....	24
Figura 3. Posição dos catéteres de medição das pressões, fluxômetros e canulação da bomba centrífuga.....	27
Figura 4. Preparação da monitorização das pressões e fluxos.....	28

Lista de Tabelas

	Pág.
Tabela 1. Média e desvio padrão dos valores de pressão de veia cava superior nos dois grupos ao longo do tempo	32
Tabela 2. Média e desvio padrão dos valores de pressão arterial média nos dois grupos ao longo do tempo.....	33
Tabela 3. Média e desvio padrão dos valores de pressão de átrio direito nos dois grupos ao longo do tempo.....	34
Tabela 4. Média e desvio padrão dos valores de pressão de átrio esquerdo nos dois grupos ao longo do tempo.....	35
Tabela 5. Média e desvio padrão dos valores de pressão de ventrículo direito nos dois grupos ao longo do tempo...	36
Tabela 6. Média e desvio padrão dos valores de fluxo de veia cava superior nos dois grupos ao longo do tempo.....	37
Tabela 7. Média e desvio padrão dos valores de fluxo pulmonar nos dois grupos ao longo do tempo.....	38
Tabela 8. Média e desvio padrão dos valores de fluxo pulmonar total nos dois grupos ao longo do tempo.....	39
Tabela 9. Média e desvio padrão dos valores de fluxo de bomba centrífuga nos dois grupos ao longo do tempo.....	40
Tabela 10. Média e desvio padrão dos valores de lactato nos dois grupos ao longo do tempo.....	41

Lista de Gráficos

	Pág.
Gráfico 1. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Pressão de Veia Cava Superior.....	32
Gráfico 2. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Pressão Arterial Média.....	33
Gráfico 3. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Pressão de Átrio Direito.....	34
Gráfico 4. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Pressão de Átrio Esquerdo.....	35
Gráfico 5. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Pressão de Ventrículo Direito.....	36
Gráfico 6. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Fluxo de Veia Cava Superior.....	37
Gráfico 7. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Fluxo Pulmonar.....	38
Gráfico 8. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Fluxo Pulmonar Total.....	39
Gráfico 9. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Fluxo da Bomba Cantrífuga.....	40
Gráfico 10. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Lactato.....	41

Resumo

Succi GM. Emprego da anastomose cavo-pulmonar associada à assistência ventricular esquerda com bomba centrífuga em modelo experimental de disfunção biventricular [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2007. 70p.

Introdução: A utilização de dispositivos de assistência ventricular esquerda (DAVE) proporciona melhor manejo dos pacientes que necessitam de métodos alternativos como ponte para o transplante cardíaco. Parcela significativa dos pacientes sob uso de DAVE desenvolve falência de ventrículo direito (VD), com elevada mortalidade. Propusemos estudo experimental para desenvolvimento de método de decompressão do VD em pacientes sob assistência mecânica esquerda e disfunção biventricular.

Método: Foi realizado estudo experimental em cães adultos, com disfunção biventricular em fibrilação ventricular, mantidos em uso de DAVE com bomba centrífuga. Os animais foram divididos em dois grupos. No Grupo A, foi realizada decompressão do VD através de anastomose cavo-pulmonar, com anastomose da veia cava superior na artéria pulmonar direita. No grupo B, não foi realizado o “shunt”. Após o preparo inicial foi iniciada assistência circulatória átrio esquerdo-aorta. Foram realizadas medidas hemodinâmicas e laboratoriais no momento inicial e aos 30, 60 e 90 minutos de assistência nos dois grupos.

Resultados: Os dados hemodinâmicos e laboratoriais iniciais foram semelhantes nos dois grupos. No Grupo A, houve melhora da pressão arterial média ($p < 0,0001$) durante a assistência. O fluxo pulmonar também foi maior no grupo A ($p < 0,0001$), resultando em maior fluxo na bomba centrífuga, principalmente aos 90 min (1,2L/min X 0,5L/min, $p < 0,0001$). A dosagem de lactato sérico no último momento de estudo foi menor no grupo A (27,6mg/dL versus 47,6mg/dL, $p < 0,05$).

Conclusão: Concluimos que a anastomose cavo-pulmonar promove descompressão do VD em modelo de disfunção bi-ventricular aguda sob assistência circulatória isolada do ventrículo esquerdo. A descompressão do VD leva a aumento do fluxo pulmonar e melhor desempenho hemodinâmico da assistência ao ventrículo esquerdo.

Descritores: Insuficiência Cardíaca Congestiva, Coração Auxiliar, Derivação Cardíaca Direita.

Summary

Succi GM. Cavo-pulmonary anastomosis associated to centrifugal pump left ventricle assistance in a experimental model of biventricular heart failure. [thesis]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2007. 70p.

Introduction: The use of Left Ventricular Assist Devices promotes better clinical handling of patients in the need of alternative methods as bridge to heart transplant. A significant part of them develop right ventricle failure, leading to high death incidence. We have proposed an experimental study for the development of a method to decompress the right ventricle in biventricular failure patients under Left Ventricular Assist Devices .

Method: Experimental study with adult dogs with acute biventricular failure in ventricular fibrillation under left assist device by centrifugal pump. The animals were divided in 2 groups. In Group A decompression of RV was made by cavo-pulmonary anastomosis between superior vena cava and right pulmonary artery. In Group B the anastomosis was not performed. After initial preparation left atrium-aorta circulatory support begun. Hemodynamic and laboratory measures were taken at start time and at 30, 60 and 90 minutes of circulatory support.

Results: Initial laboratory and haemodynamic data were similar in both groups. Group A had better mean arterial pressure during support($p<0,0001$). Pulmonary blood flow was higher in Group A resulting in higher pump flow, mainly at 90 minutes($1,2\text{L/min} \times 0,5\text{L/min}$, $p<0,0001$). Serum lactate was lower at 90 minutes in Group A($27,6\text{mg/dL} \times 47,6\text{mg/dL}$, $p<0,05$).

Conclusion: We conclude that the cavo-pulmonary anastomosis led to right ventricle decompression in an experimental model of acute biventricular

failure under isolated left ventricle circulatory support. The right ventricle decompression generated enhancement in pulmonary blood flow and better circulatory support performance.

Key Words: Heart Failure; Heart Assist Device; Heart Bypass, Right.

1 INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A insuficiência cardíaca (IC) pode ser definida como uma síndrome onde ocorre a incapacidade do coração em manter o débito cardíaco necessário ao metabolismo, ou quando a manutenção desse débito só é possível através do aumento das pressões ventriculares. Constitui importante problema de saúde pública mundial, com cerca de 23 milhões de pessoas portadoras e cerca de 2 milhões de novos casos diagnosticados a cada ano no mundo. Estima-se que 6,4 milhões de brasileiros sofram de IC (Rossi Neto., 2004).

Pacientes com IC terminal apresentam altos índices de mortalidade em cinco anos, independente da terapêutica aplicada. O transplante cardíaco (TxC) é o tratamento de escolha. Entretanto, o número de pacientes na lista de espera para transplante supera em muitas vezes o número de procedimentos realizados. Cerca de 20 a 40% dos pacientes selecionados morrem na fila de espera em todo o mundo (Benício et al., 1999 e Lietz et al., 2007).

Vários métodos foram desenvolvidos para atuar como suporte mecânico ao ventrículo em falência. Dispositivos de assistência ventricular (DAV) funcionam como auxiliares ou substitutos do trabalho ventricular de

bombeamento do sangue. Os dispositivos de assistência ventricular (DAV) podem ser divididos, segundo o tipo de fluxo gerado, em dispositivos de assistência pulsátil (ventrículo artificial, balão intra-aórtico) e não pulsátil (bomba centrífuga, bomba axial implantável) (Leirner, 2000).

O uso de DAV para assistência do ventrículo esquerdo está bem estabelecido, mostrando-se melhor que o tratamento médico isolado para pacientes com insuficiência cardíaca terminal não elegíveis para transplante cardíaco (Lietz et al, 2007).

Pego-Fernandes et al(2000) estudaram os efeitos da associação de DAVE (bomba centrífuga) a contra-pulsção com balão intra-aórtico para auxílio isolado do VE. Em estudo experimental em cães os autores observaram melhora do fluxo coronariano com a associação dos métodos, se comparados ao uso isolado da bomba centrífuga.

Importante complicação do uso de DAVE é o desenvolvimento de falência do ventrículo direito (VD) (Kotoh et al., 1994). Esta complicação ocorre em 20 a 52% dos pacientes, sendo a principal causa de óbito entre estes (Chow et al., 1992 e Kaul et al., 2000). Muitas vezes é necessária a assistência mecânica com dois DAV simultâneos, um para cada ventrículo (Ochiai et al., 2002 e Slater et al., 2005).

O desenvolvimento de método alternativo de decompressão do VD associado à assistência mecânica do VE – uso de DAVE - deve promover aumento do fluxo para a circulação pulmonar com conseqüente aumento do débito sistêmico, dispensando o uso concomitante de dispositivo de assistência ventricular direita (DAVD).

Em nosso meio, temos disponíveis em larga escala apenas métodos de menor custo, como balão intra-aórtico e bomba centrífuga. Estes dispositivos podem substituir parcial ou totalmente o débito cardíaco dependendo da situação clínica do paciente e do tipo de dispositivo empregado.

O VD já foi considerado uma cavidade com pouca função hemodinâmica e possível de ser excluída da circulação (Bolling, 2002). Hoje, sabe-se que o VD desempenha importante papel para manutenção do equilíbrio hemodinâmico sistêmico. A falência do VD pode estar presente em até 23% dos pacientes com síndrome de baixo débito pós-cardiotomia (Nordhaug et al., 2004). Ainda permanece grande desafio terapêutico o desenvolvimento de método eficiente de compensação de possível deficiência de desempenho ventricular direito. Vários autores já propuseram diferentes métodos de suporte à disfunção desta câmara cardíaca.

A anastomose cavo-pulmonar parcial é utilizada na prática clínica para o tratamento de cardiopatias congênitas com fisiologia univentricular como método de descompressão do VD e aumento de fluxo sanguíneo para a circulação pulmonar (Konstantinov et al., 1999). Inicialmente proposta como anastomose término-terminal é realizada hoje através de anastomose término-lateral da veia cava superior (VCS) na artéria pulmonar direita (APD). Como vantagens apresenta sua fácil confecção, podendo ser realizada com ou sem o auxílio da circulação extra-corpórea (Maddali et al., 2003 e Takagaki et al., 2003).

Entre os fatores que contribuem para a falência hemodinâmica do método, estão variáveis como resistência pulmonar e pressão de artéria pulmonar pré-operatórias (Scheurer et al., 2007). Em modelo agudo de IC esperamos valores normais destas variáveis na circulação pulmonar, garantindo assim maior chance de sucesso do método.

A realização da anastomose cavo-pulmonar em pacientes adultos com falência aguda de VD já foi proposta com bom resultado clínico. Kunihara et al (2004) realizaram anastomose cavo-pulmonar entre VCS e APD em paciente de 36 anos com quadro de dissecção aguda de aorta com comprometimento de artéria coronária direita. No intra-operatório foi observada disfunção grave de VD com incapacidade de saída de circulação extra-corpórea (CEC) ao final do procedimento. A utilização da anastomose cavo-pulmonar proporcionou descompressão imediata do VD, permitindo a saída de CEC com conseqüente recuperação pós-operatória do VD.

Estudo experimental com 8 porcos submetidos à falência ventricular direita aguda por oclusão da artéria coronária direita mostrou melhora hemodinâmica significativa após a realização de anastomose cavo-pulmonar (Daanton et al., 2001). Houve atenuação da disfunção de VE por limitação da distensão do VD e restauração da geometria do VE.

O emprego da anastomose cavo-pulmonar como método de descompressão do VD na falência biventricular aguda ainda não foi estudado. Nesta situação, a realização da anastomose cavo-pulmonar na falência biventricular com assistência circulatória mecânica à esquerda

pode em teoria proporcionar descompressão significativa do ventrículo direito e aumento do retorno venoso para o átrio esquerdo através da circulação pulmonar.

2 OBJETIVOS DO ESTUDO

2. OBJETIVOS DO ESTUDO

- Avaliar a decompressão do VD através da anastomose cavo-pulmonar na presença de disfunção bi-ventricular aguda sob assistência ventricular esquerda isolada.
- Avaliar o desempenho hemodinâmico da assistência ventricular esquerda com bomba centrífuga em modelo de disfunção biventricular na presença ou não de anastomose cavo-pulmonar.

3 ASPECTOS RELEVANTES DA LITERATURA

3. ASPECTOS RELEVANTES DA LITERATURA

3.1. Epidemiologia e resultados atuais do transplante cardíaco

A meia vida pós TxC (momento em que há 50% de óbitos) é de dez anos no mundo. O maior número de mortes ocorre no primeiro ano pós-transplante, com cerca de 20% de óbito neste período. Entre os sobreviventes ao primeiro ano temos meia vida condicional de 13 anos. (Trulock et al., 2007).

O número insuficiente de TxC realizados se comparados ao número total de indivíduos com IC no mundo evidencia a necessidade de emprego de métodos alternativos de tratamento, seja para atuar como ponte para transplante, ponte para ponte ou terapia de destino. Nos Estados Unidos estima-se que haja 250.000 pacientes em fase terminal de IC, sofrendo de sintomas severos, refratários a terapia medicamentosa otimizada, constituindo-se em possíveis candidatos a TxC ou terapias alternativas de suporte ventricular (Lietz et al., 2007).

Análises dos dados do estudo de Framingham mostram que a mediana de sobrevida para pacientes com IC foi de 1,7 anos entre os homens e 3,2 anos entre as mulheres. Apenas 25% dos homens e 32%

das mulheres sobreviveram os primeiros 5 anos após o diagnóstico de IC. (Kannel, 2000).

O número de TxC realizados em todo o mundo não aumentou nos últimos anos. Segundo a última publicação de estatísticas da International Society of Heart and Lung Transplantation (ISHLT) o número de transplantes cardíacos relatados mundialmente se mantém em torno de 3100 casos por ano. O maior volume histórico de transplantes ocorreu em 1994, com 4439 casos (Trulock et al., 2007).

3.2. Utilização de dispositivos de assistência ventricular na insuficiência cardíaca e suas complicações

Nos casos de IC refratária ao tratamento medicamentoso há perda de qualidade de vida e alto índice de mortalidade. O emprego dos DAV proporciona melhor manejo e maior sobrevida destes indivíduos, funcionando como ponte para transplante em muitos casos. O seu uso auxilia a recuperação ventricular e aumenta o tempo que o paciente pode aguardar até que seja encontrado doador compatível. Podem ser implantados para assistência univentricular ou biventricular.

Importante estudo, o REMATCH TRIAL analisou a evolução de 129 pacientes em IC terminal não elegíveis para transplante cardíaco. Os pacientes foram selecionados de forma randômica para tratamento medicamentoso ou implante de dispositivo de assistência ventricular

esquerda (DAVE). Pacientes selecionados para o uso do DAVE tiveram melhora na sobrevida de 1 ano de 25 para 52%, se comparados ao outro grupo (Rose et al., 2001). Este estudo incentivou o uso destes dispositivos em todo o mundo. Entretanto, o seu uso é acompanhado de grande número de graves complicações hemodinâmicas e infecciosas que implicam na utilização de recursos avançados e invariavelmente de alto custo (Lietz et al., 2007).

Um número significativo de indivíduos sob terapia com DAVE, que desenvolvem falência de VD, requer instalação concomitante de DAVD. (Ochiai et al., 2002 e Slater et al., 1995). Mesmo quando não se faz necessária a associação de DAVD é inevitável o emprego prolongado de altas doses de inotrópicos, o que interfere na reabilitação física e acarreta geração de elevados valores de pressão venosa central com congestão hepática, podendo levar a falência múltipla de órgãos (Ochiai et al., 2002).

O uso isolado de DAVE tem influências hemodinâmicas e anatômicas sobre o desempenho do VD. A melhora hemodinâmica isolada do VE induz aumento do retorno venoso e pode sobrecarregar o VD. A descompressão do VE e as alterações anatômicas induzidas por DAVE podem reduzir a contribuição do VE para a contração do VD, piorando assim sua função (Kinoshita et al., 1990).

Em estudo experimental em cabras com indução de falência isquêmica isolada de VE e implante de DAVE, Fukuda et al (1988) observaram o desvio do septo interventricular para a esquerda após o

início da assistência circulatória causando alterações na geometria do VD, o que levou a dilatação de sua parede livre para que ocorresse a necessária acomodação de volume.

A necessidade de uso de DAV biventricular (DAbiV) aumenta muito o número de complicações secundárias a assistência mecânica (Tsukui H et al., 2005). A presença de maior número de cânulas e bombas leva a maior incidência de problemas trombóticos, hemorrágicos, infecciosos e de falência mecânica do dispositivo. A mortalidade de pacientes submetidos TxC que submetidos a implante de DAbiV como ponte para TxC é de cerca de 40% , comparados a 25% de mortalidade nos pacientes submetidos a implante de DAVE como ponte para TxC (Farrar DJ et al., 1997).

Outra grande preocupação é o incremento no custo terapêutico que a associação de 2 DAV simultâneos pode provocar. Estudo recente da ISHLT apontou que os custos hospitalares totais pós-implante de DAVE, ficam em torno de 197.000 dólares por paciente (Digiorgi et al., 2005).

3.3. A importância do ventrículo direito

O VD já foi considerado cavidade dispensável para a manutenção do débito cardíaco. Starr, Jeffers e Meade, em 1943, realizaram estudo para testar a tese de que a presença de congestão venosa periférica encontrada em paciente com IC dever-se-ia à falência do VD.

Em estudo experimental em cães, realizaram cauterização da parede do VD e observaram as alterações provocadas nos níveis de pressão venosa periférica dos animais. Após período pós-operatório de até 70 dias observaram pouca ou nenhuma alteração nos níveis de pressão no sistema periférico. Os autores concluem então, que a destruição do VD não pode ser considerada causa da congestão venosa periférica encontrada em pacientes com insuficiência cardíaca congestiva, questionando o valor desta cavidade para a manutenção do débito cardíaco.

Warden et al propuseram experimentalmente, em 1954, a exclusão total do VD após estenose parcial e estagiada da valva tricúspide em cães por período de 2 semanas a 2 meses. Após este período, era realizada a anastomose do apêndice atrial direito ao tronco da artéria pulmonar. Obtiveram sobrevida de 57% dos animais. (Warden et al., 1955). Desta maneira, os autores sugeriram que esta pode ser alternativa terapêutica para os casos de atresia tricúspide indicando que o átrio direito poderia assumir função compensatória de bomba desempenhada originalmente pelo VD.

Rose et al realizaram desvio total do retorno venoso sistêmico à circulação pulmonar de cães impedindo o influxo anterógrado de sangue na circulação pulmonar. Constataram que sem a ação do VD não foi possível manter níveis adequados de pressão na circulação pulmonar, tampouco de oxigenação do sangue arterial. (Rose et al., 1955).

3.4. Utilização da anastomose cavo-pulmonar

Carlon et AL, em 1951, descreveram a técnica e as bases fisiológicas do tipo de abordagem denominada anastomose cavo-pulmonar parcial. Nesta técnica era realizado o desvio do fluxo sanguíneo da veia ázigos para a APD (Carlon et al., 1951). Segundo os autores, o sangue proveniente da VCS chegaria facilmente à artéria pulmonar devido a *vis a tergo* e à sucção torácica durante os movimentos respiratórios, dispensando assim a força ejetiva do VD.

Esta técnica foi reproduzida por alguns autores ao redor do mundo (Fenn et al, 1956 e Robicsek et al., 1956), tornando-se popular após a publicação de Glenn e Patino (1954) com a divulgação de estudo com 75 animais submetidos a anastomose direta da VCS à APD com estudo angiográfico tardio para comprovação de perviedade. Os autores observaram que todo o sangue proveniente da VCS poderia chegar à circulação pulmonar sem necessidade de ser impulsionado pelo VD desde que a resistência pulmonar fosse normal.

Fontan propôs a anastomose cavo-pulmonar total com desvio de todo o retorno venoso do átrio direito às artérias pulmonares para a correção cirúrgica da atresia tricúspide (Fontan, 1971 e Fontan et al. 1971). A técnica cirúrgica originalmente descrita consistia de anastomoses término-terminais da VCS à porção distal da APD e do apêndice atrial direito à porção proximal da APD, com utilização de homoenxerto aórtico e inserção de homoenxerto pulmonar na veia cava inferior.

Em pacientes com cardiopatias de fisiologia univentricular, a confecção de anastomose cavo-pulmonar leva a aumento do fluxo pulmonar com melhora da oxigenação sanguínea e redução da sobrecarga de volume no ventrículo fisiologicamente único. A contribuição do volume sanguíneo da VCS em relação ao fluxo sistêmico total decresce de cerca de metade do fluxo total no recém nascido a cerca de um terço no adulto (Eyskens et al., 2003).

3.5. Contra pulsação com balão para auxílio ao VD

A utilização de mecanismo de contrapulsção por balão na artéria pulmonar já foi tentada para suporte mecânico à falência do VD (Skillington et al., 1991), porém sem nunca ter alcançado ampla utilização clínica. Não encontramos grandes estudos clínicos com o emprego desta técnica.

O método consiste de assistência ao VD através de anastomose término-lateral de tubo de dacron com cateter balão em seu interior. Esta técnica exige que o esterno seja mantido aberto e é acompanhada de dificuldade técnica de realização e complicado manejo. Além disso, só é aplicável para casos de disfunção de VD no máximo moderada.

Nordhaug et al. (2004) analisaram o efeito da assistência circulatória com balão intra-aórtico (BIA) em estudo experimental em porcos com falência aguda isolada de VD. Concluíram que a assistência ventricular esquerda isolada com BIA não alterou a função ventricular esquerda ou direita na falência aguda de VD.

4 MÉTODO

4. MÉTODO

Realizamos estudo experimental em cães com falência biventricular aguda, obtida pela indução de fibrilação ventricular, em uso de DAVE de fluxo contínuo (bomba centrífuga). Os animais foram divididos em 2 grupos, sendo associada à realização de anastomose cavo-pulmonar para descompressão do VD em um deles.

O protocolo de pesquisa foi aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (CAPPesq) da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 13/10/2004, sob o número 776/04. O projeto obteve verbas de auxílio à pesquisa da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

4.1. Local da pesquisa

O estudo foi realizado no Laboratório do Centro de Tecnologia Biomédica do Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

4.2. Características dos animais

Foram utilizados 14 cães adultos, sem raça definida, provenientes do Canil Central da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

O peso dos animais variou de 16 a 30Kg. A média de peso entre os grupos A e B foi semelhante ($22,28 \pm 5,3\text{Kg}$ e $23,42 \pm 4,2\text{Kg}$, respectivamente, $p=0,716$).

4.3. Dinâmica de avaliação

Os animais foram divididos em dois grupos randomizados, (através do programa GraphPad StatMate) denominados Grupo A e Grupo B. A preparação cirúrgica inicial foi a mesma nos dois grupos, entretanto somente no Grupo A foi realizada a anastomose cavo-pulmonar.

As medidas foram realizadas no momento inicial da preparação e a cada 30 minutos de assistência circulatória até limite de 90 minutos.

4.4. Preparação

4.4.1. Anestesia

Os animais receberam dose de pré-anestésico com quetamina 30mg/Kg por via intramuscular, cerca de 15 minutos antes do procedimento. O procedimento operatório foi realizado sob anestesia geral induzida com midazolan 0,2mg/Kg por via endovenosa(EV), associado a citrato de fentanila 0,005mg/Kg EV. A manutenção anestésica foi feita com bolus adicionais de citrato de fentanila na mesma dose da indução. Foi realizada intubação oro-traqueal e iniciada ventilação mecânica (ventilador Harvard 708, South Natick, MA, EUA) com fração inspirada de oxigênio de 60%.

Realizamos também dissecação de artéria e veia femorais dos animais com cateterização das mesmas. A linha venosa foi utilizada para coleta de amostras séricas para exames, infusão de drogas e reposição volêmica. A linha arterial foi utilizada para monitorização de pressão arterial invasiva e coleta de amostras para análise de gases sanguíneos.

4.4.2. Técnica operatória

Os animais foram posicionados em decúbito dorsal horizontal com fixação dos quatro membros à mesa operatória.

Todos os procedimentos foram realizados respeitando-se os princípios de assepsia e antissepsia. Foram utilizadas soluções de clorexidina degermante a 4% seguida de solução de clorexidina a 0,5%. Realizou-se tricotomia tóraco-abdominal anterior em todos os cães.

Uma incisão longitudinal desde a fúrcula até o final do apêndice xifóide foi realizada, seguida de esternotomia mediana. A seguir, realizou-se pericardiotomia longitudinal ampla com reparo lateral do pericárdio (Figura 1).

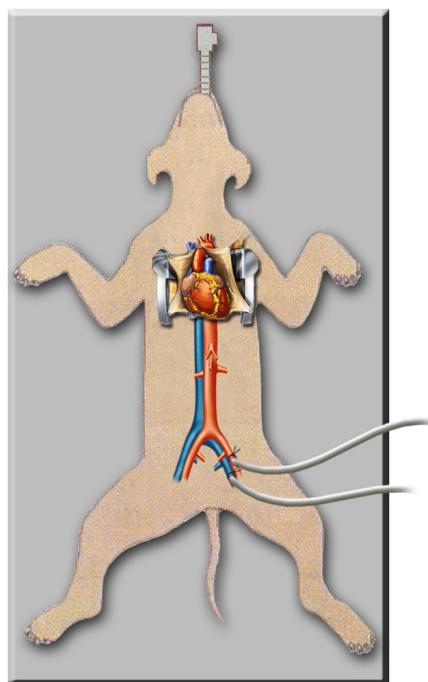


Figura 1. Posicionamento do animal e via de acesso.

4.4.3. Realização da anastomose cavo-pulmonar

Após o preparo inicial semelhante para todos os animais, conforme acima descrito os animais eram randomizados para constituir o Grupo A (com realização de anastomose cavo-pulmonar) ou Grupo B (sem realização de anastomose cavo-pulmonar).

Quando randomizados para o Grupo A, os animais eram então submetidos à anastomose cavo-pulmonar. Através de dissecção ampla com eletrocautério, procedia-se o pinçamento transversal total em dois pontos com espaço de 0,5 cm da VCS, cerca de 0,5 cm acima de sua entrada no átrio direito. A seguir este vaso era então seccionado e seu coto distal (justa-atrial) fechado com sutura contínua de polipropileno 5.0 em dois planos.

A APD era então pinçada lateralmente e realizada arteriotomia longitudinal para anastomose término-lateral da VCS na APD com sutura contínua de fio de polipropileno 6.0. (Figura 2).

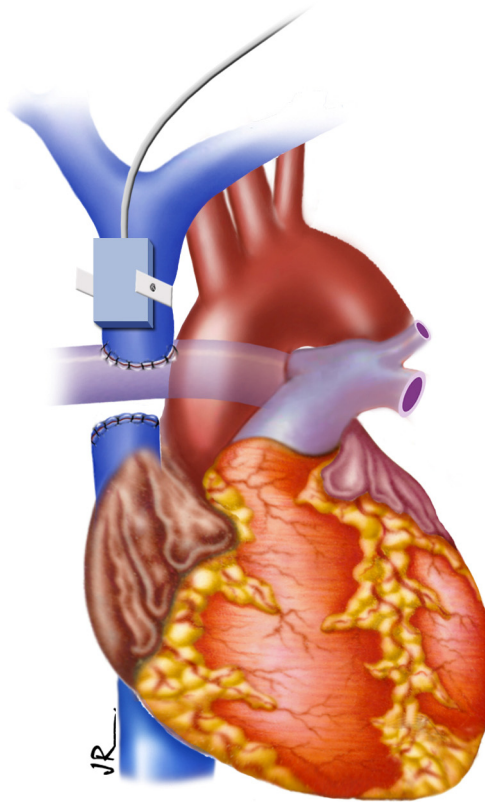


Figura 2. Anastomose cavo-pulmonar com fluxômetro posicionado na veia cava superior.

4.4.4. Indução de fibrilação ventricular

Em nosso estudo, optamos por realizar modelo extremo de disfunção biventricular aguda. Para isto, foi induzida fibrilação ventricular (FV) com choque miocárdico com corrente contínua através de contato direto sobre a superfície do VD de bateria convencional de 9V. O ritmo de

FV era facilmente alcançado imediatamente após o contato da bateria com o coração.

4.4.5. Assistência circulatória com bomba centrífuga

Após indução de FV, era iniciada a assistência circulatória mecânica com bomba centrífuga, com fluxo átrio esquerdo - aorta, nos dois grupos. Procurava-se sempre manter o maior fluxo possível na bomba centrífuga, que era alcançado deixando a pressão no átrio esquerdo em torno de zero, demonstrando otimização máxima do retorno sanguíneo para esta cavidade.

A assistência circulatória foi mantida por período de 90 minutos, período após o qual se realizou o sacrifício dos animais.

Para a realização do estudo utilizou-se bomba centrífuga (Biopump® - Medtronic).

4.4.6. Instalação da bomba centrífuga

Após heparinização na dose de 2mg/Kg de peso corpóreo e realização de sutura em bolsa com fio de polipropileno 4.0 foi procedida a colocação de cânula aramada de 20 Fr no átrio esquerdo e cânula 12 Fr em aorta ascendente. As cânulas foram então conectadas ao circuito da

bomba centrífuga, previamente preenchido com 300 mL de solução de Ringer Lactato.

4.4.7. Instrumentação para monitorização de pressões e fluxos

Os valores de pressão sanguínea das cavidades cardíacas foram registrados através de introdução de catéteres fixados por suturas em bolsa com fio de polipropileno 5.0.

As medidas de pressões de átrio direito (PAD), VCS (PVCS) e pressão arterial média (PAM) foram obtidas através da colocação de catéteres posicionados no interior destas cavidades e conectados a transdutores de pressão.

As pressões de átrio esquerdo (PAE) e VD (PVD) foram obtidas através da colocação de cateteres transdutores com sensores de pressão (Sellex SPC-350) nas referidas cavidades (Fig 3).

Foram avaliados fluxo no tronco da artéria pulmonar (TP) e VCS através da utilização de fluxômetro ultrassônico (Transonic T101®). (Figura 3 e Figura 4).

O fluxo da assistência circulatória foi aferido através do fluxômetro em linha arterial da bomba centrífuga.



Figura 3. Posição dos catéteres de medição das pressões, fluxômetros e canulação da bomba centrífuga.

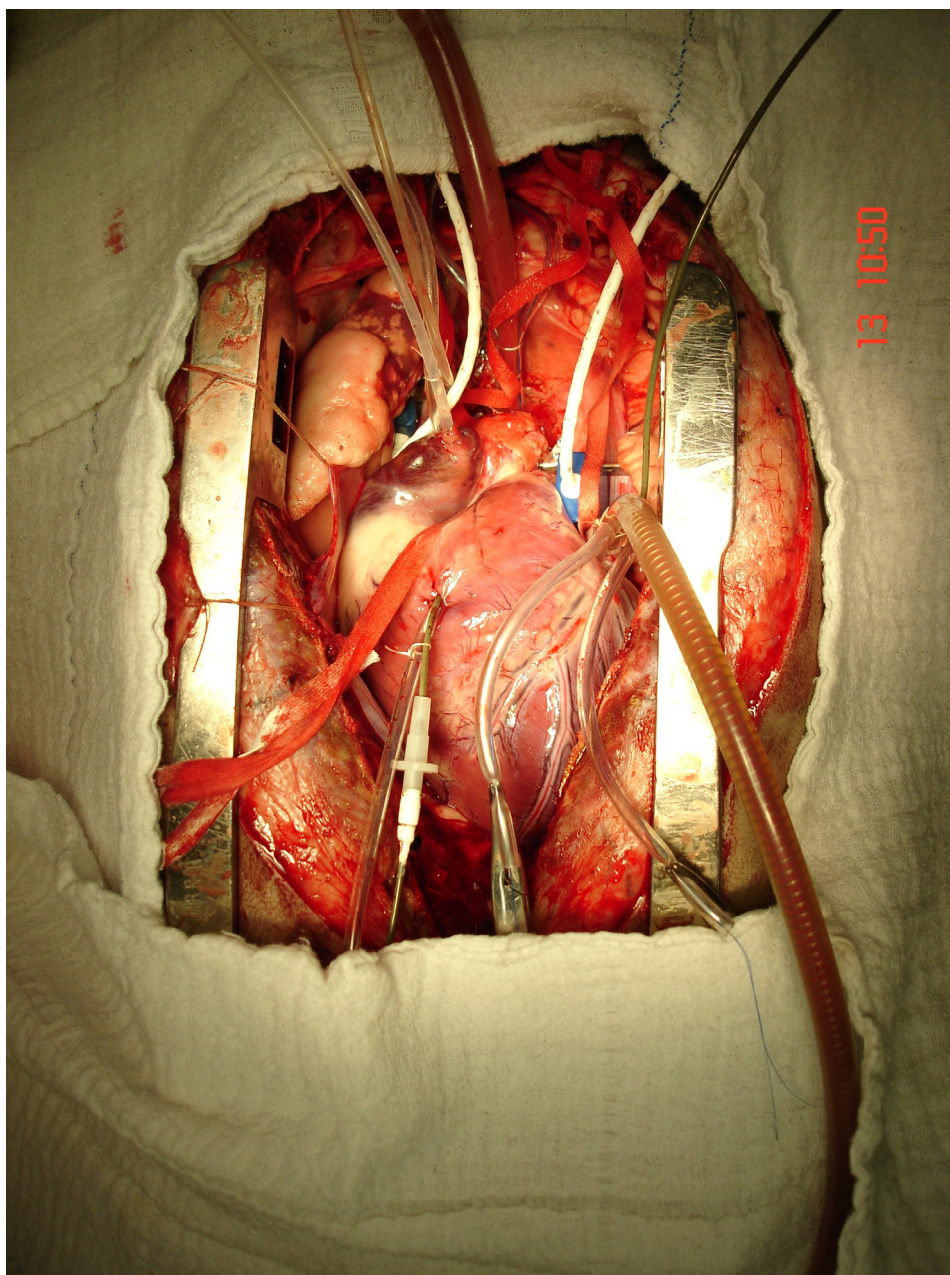


Figura 4. Preparação da monitorização das pressões e fluxos.

O fluxo pulmonar total nos animais do Grupo A foi calculado através da soma dos fluxos da VCS e do TP. Nos animais do Grupo B este valor correspondia à medida obtida pelo fluxômetro posicionado no TP.

4.5. Avaliação laboratorial

Foram colhidas amostras sangüíneas para análise dos gases arteriais, hematócrito, hemoglobina e lactato. As amostras foram colhidas no momento inicial do preparo e após cada 30 minutos de assistência circulatória.

4.6. Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise estatística utilizando-se variáveis paramétricas expressas em média $\pm$ Desvio Padrão, com intervalo de confiança estabelecido em 95%.

Para a comparação das medidas de peso dos animais e volume infundido durante o experimento, foi utilizado o teste t de Student.

Na comparação dos parâmetros hemodinâmicos e laboratoriais foi aplicado o teste de análise de variância de duplo fator, complementado com o teste t de Bonferroni.

O nível de significância foi estabelecido em 5%.

5 RESULTADOS

5. RESULTADOS

Não houve diferença em relação ao peso dos animais (Kg) ($22,28 \pm 5,31$ x $23,42 \pm 4,27$, $p=0,716$) e ao volume (mL/Kg) infundido durante o experimento ($105,57 \pm 6,37$ x $114,86 \pm 9,65$, $p=0,242$) entre os grupos A e B, respectivamente.

Não houve diferença nos valores de Hb e Ht encontrados durante o experimento entre os dois grupos.

5.1. Avaliação das pressões

5.1.1. Pressão de veia cava superior

Tabela 1. Média e desvio padrão dos valores de pressão de veia cava superior nos dois grupos ao longo do tempo.

	Inicial	30	60	90
Grupo A	5,36±2,72	11,28±5,31	10,43±1,61	12,71±2,36
Grupo B	7,36±3,22	11,14±4,67	10,71±3,73	11,43±3,26
P	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05

Foi observada modificação da variável ao longo do tempo ($p=0,0004$). O comportamento nos dois grupos foi semelhante ($p=0,8$). Não houve interação entre os fatores grupo e tempo ($p=0,67$).

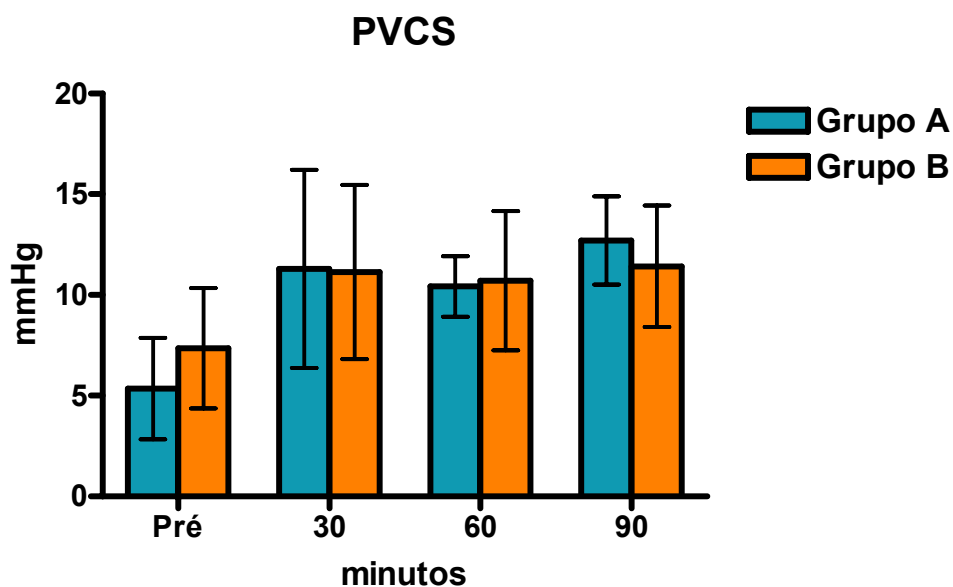


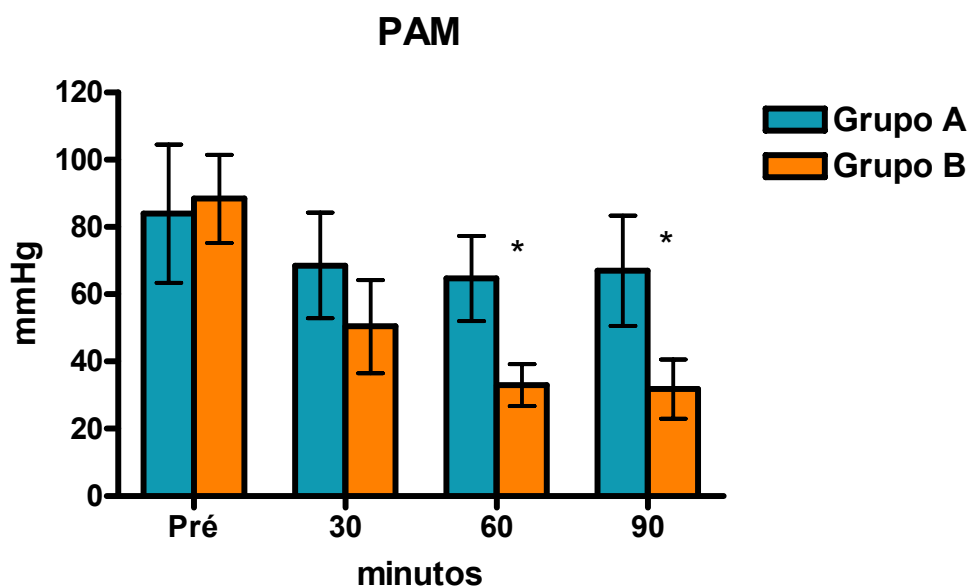
Gráfico 1. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Pressão de Veia Cava Superior.

5.1.2. Pressão arterial média

Tabela 2. Média e desvio padrão dos valores de pressão arterial média nos dois grupos ao longo do tempo.

	Inicial	30	60	90
Grupo A	84±22,17	68,57±17,01	64,71±13,66	67±17,67
Grupo B	88,43±14,21	50,43±14,98	33±6,8	31,86±9,51
P	>0,05	>0,05	<0,01	<0,001

Foi observada modificação da variável ao longo do tempo ($p<0,0001$). Houve diferença de comportamento entre os dois grupos ($p<0,0001$) e houve interação entre os fatores grupo e tempo ($p=0,0048$), sendo observada diferença significativa entre os grupos, aos 60 e 90 minutos de assistência.



- $p<0,05$

Gráfico 2. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Pressão Arterial Média.

5.1.3. Pressão de átrio direito

Tabela 3. Média e desvio padrão dos valores de pressão de átrio direito nos dois grupos ao longo do tempo.

	Inicial	30	60	90
Grupo A	4,79±2,03	11,64±5,66	10,57±1,33	13,29±4,42
Grupo B	7,71±2,87	11,57±4,99	11,43±4,31	11,86±3,02
P	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05

Foi observada modificação da variável ao longo do tempo ($p=0,003$). Não houve diferença de comportamento entre os dois grupos ($p=0,580$). Não houve interação entre os fatores grupo e tempo ($p=0,502$).

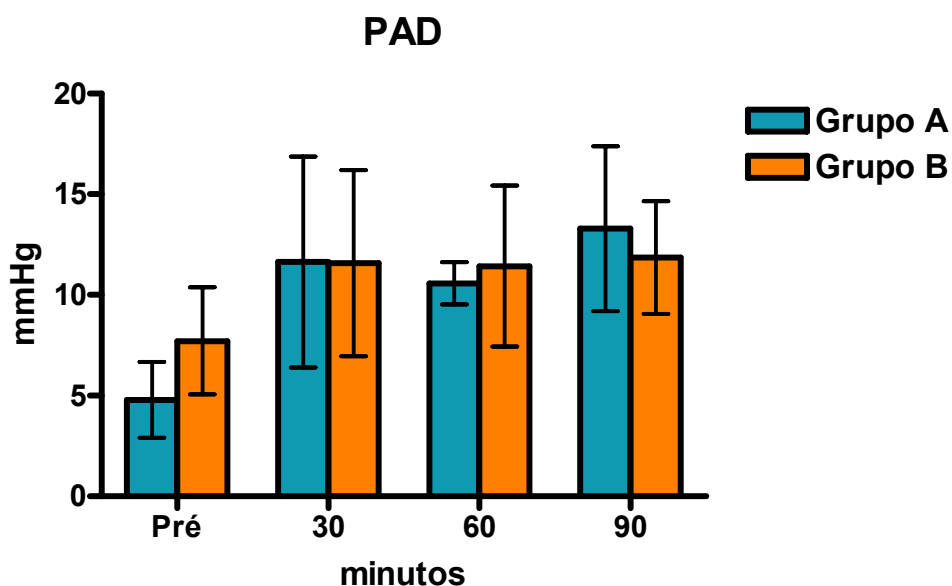


Gráfico 3. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Pressão de Átrio Direito.

5.1.4. Pressão de átrio esquerdo

Tabela 4. Média e desvio padrão dos valores de pressão de átrio esquerdo nos dois grupos ao longo do tempo.

	Inicial	30	60	90
Grupo A	10,14±3,93	4±2,85	2,86±2,73	2,57±3,31
Grupo B	6,43±3,78	1,05±1,16	0,43±0,53	0,57±0,78
P	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05

Foi observada modificação da variável ao longo do tempo ($p < 0,0001$). Houve diferença de comportamento entre os dois grupos ($p = 0,001$). Entretanto, não houve interação entre os fatores grupo e tempo ($p = 0,887$), não sendo observada diferença significativa individual em nenhum momento da avaliação.

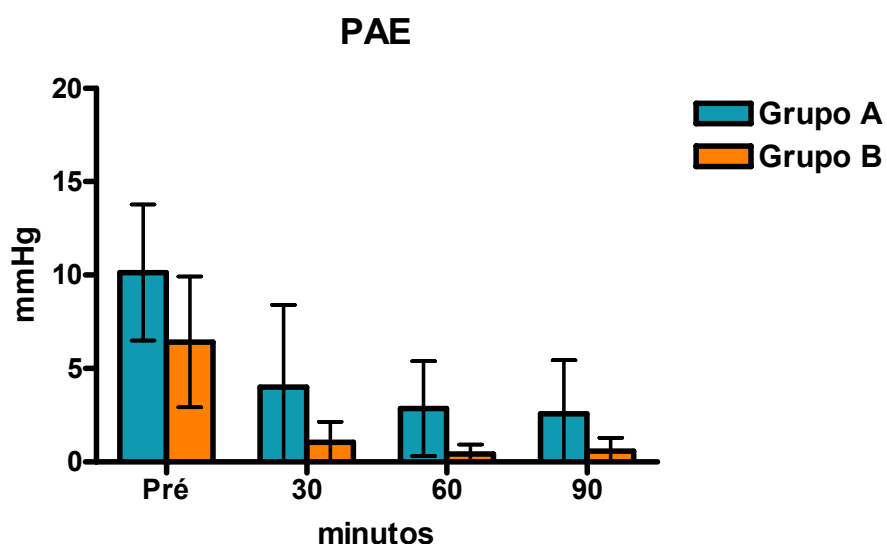


Gráfico 4. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Pressão de Átrio Esquerdo.

5.1.5. Pressão de ventrículo direito

Tabela 5. Média e desvio padrão dos valores de pressão de ventrículo direito nos dois grupos ao longo do tempo.

	Inicial	30	60	90
Grupo A	18,29±2,36	13,5±4,68	14,71±2,81	13,29±3,45
Grupo B	17,36±5,97	22,14±13,36	21,57±10,26	22±8,58
P	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05

Não foi observada modificação da variável ao longo do tempo ($p=0,9984$). Houve diferença de comportamento entre os dois grupos ($p=0,0051$). Entretanto, não houve interação das variáveis grupo e tempo ($p=0,274$), não sendo observada diferença significativa individual em nenhum momento da avaliação.

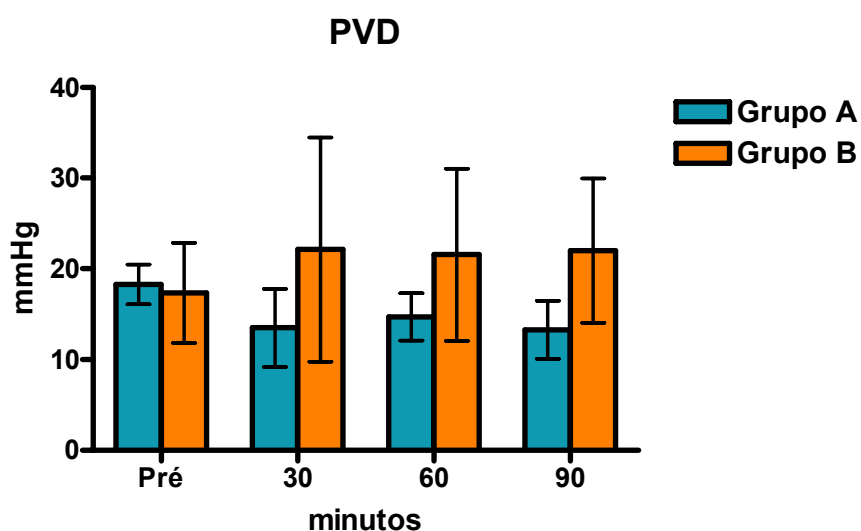


Gráfico 5. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Pressão de Ventrículo Direito.

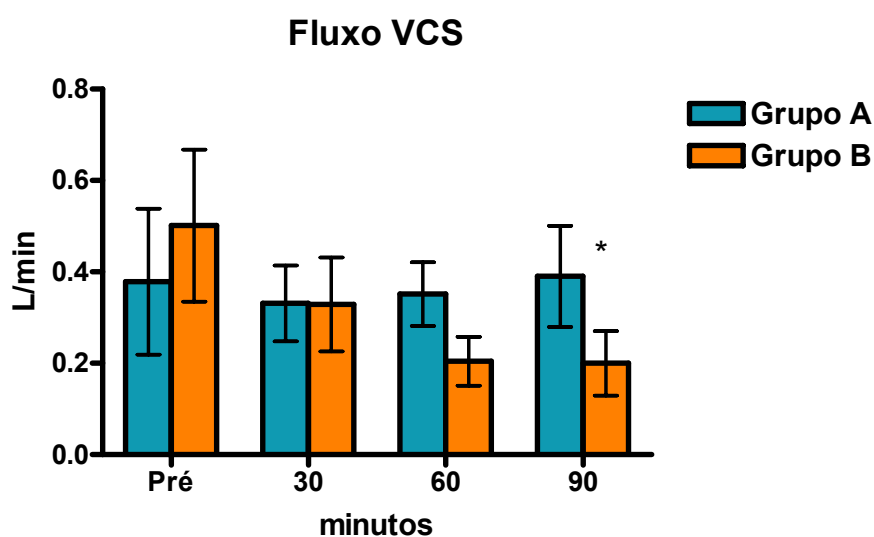
5.2. Avaliação dos fluxos

5.2.1. Fluxo de veia cava superior

Tabela 6. Média e desvio padrão dos valores de fluxo de veia cava superior nos dois grupos ao longo do tempo.

	Inicial	30	60	90
Grupo A	0,38±0,15	0,33±0,08	0,35±0,07	0,39±0,12
Grupo B	0,50±0,18	0,33±0,11	0,2±0,06	0,2±0,08
P	>0,05	>0,05	>0,05	<0,05

Foi observada modificação da variável ao longo do tempo ($p < 0,0030$). Não houve diferença significativa no comportamento entre os dois grupos ($p = 0,0923$). Entretanto, houve interação entre os fatores grupo e tempo ($p = 0,0038$), sendo observada diferença significativa entre os grupos aos 90 minutos de assistência.



* $p < 0,05$

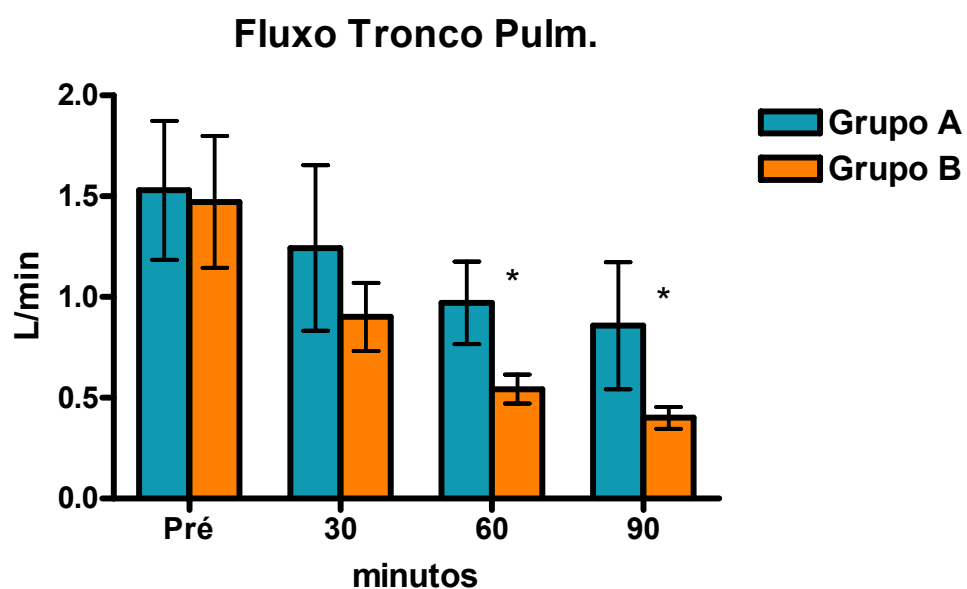
Gráfico 6. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Fluxo de Veia Cava Superior.

5.2.2. Fluxo pulmonar

Tabela 7. Média e desvio padrão dos valores de fluxo pulmonar nos dois grupos ao longo do tempo.

	Inicial	30	60	90
Grupo A	1,53±0,37	1,24±0,44	1,0±0,22	0,86±0,34
Grupo B	1,47±0,35	0,9±0,18	0,54±0,08	0,4±0,06
P	>0,05	>0,05	<0,05	<0,05

Foi observada modificação da variável ao longo do tempo ($p<0,0001$). Houve diferença no comportamento entre os dois grupos ($p=0,0001$). Não houve interação entre os fatores grupo e tempo ($p=0,2549$), mas foi observada diferença significativa entre os grupos aos 60 e 90 minutos de assistência.



* $p<0,05$

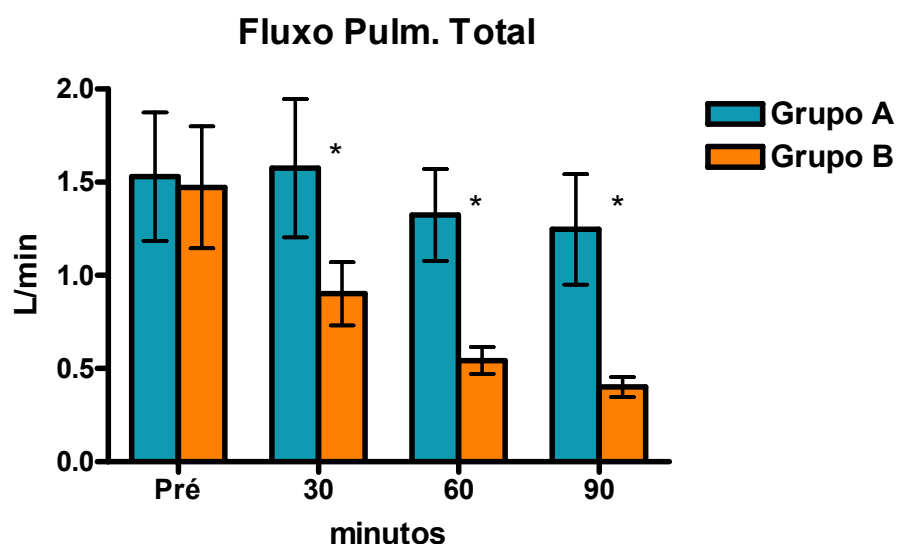
Gráfico 7. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Fluxo Pulmonar.

5.2.3. Fluxo pulmonar total

Tabela 8. Média e desvio padrão dos valores de fluxo pulmonar total nos dois grupos ao longo do tempo.

	Inicial	30	60	90
Grupo A	1,53±0,37	1,57±0,4	1,32±0,26	1,25±0,32
Grupo B	1,47±0,35	0,9±0,18	0,54±0,08	0,4±0,06
P	>0,05	<0,001	<0,001	<0,001

Foi observada modificação da variável ao longo do tempo ($p<0,0001$). Houve diferença no comportamento entre os dois grupos ($p<0,0001$) e houve interação das variáveis grupo e tempo ($p=0,0019$), sendo observada diferença significativa entre os dois grupos em todos os momentos da assistência.



* $p<0,001$

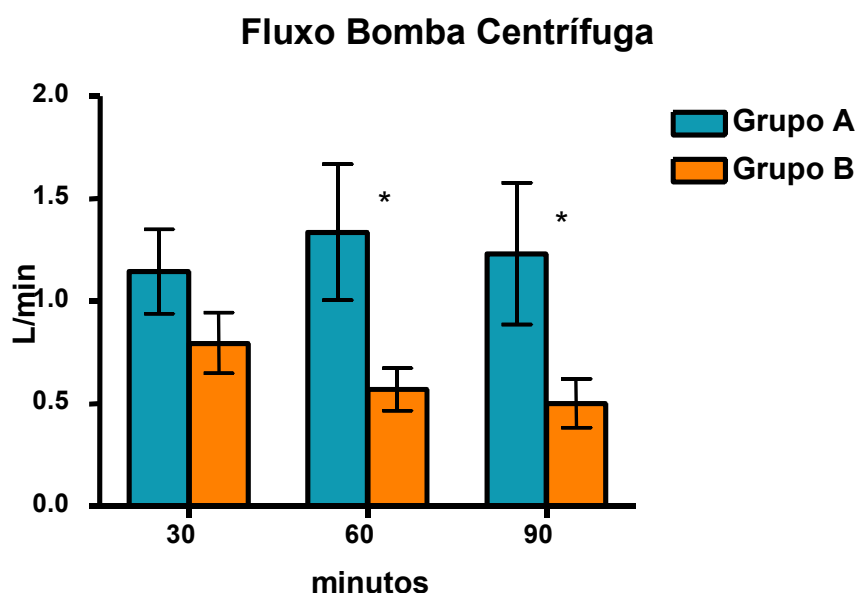
Gráfico 8 Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Fluxo Pulmonar Total

5.2.4. Fluxo da bomba centrífuga

Tabela 9. Média e desvio padrão dos valores de fluxo de bomba centrífuga nos dois grupos ao longo do tempo.

	30	60	90
Grupo A	1,14±0,22	1,33±0,36	1,22±0,37
Grupo B	0,8±1,6	0,57±0,11	0,5±1,3
P	<0,05	<0,001	<0,001

Não foi observada modificação da variável ao longo do tempo ($p=0,5018$). Houve diferença no comportamento entre os dois grupos ($p<0,0001$). Não houve interação entre as variáveis grupo e tempo ($p=0,0625$), mas foi observada diferença significativa entre os grupos aos 60 e 90 minutos de assistência.



* $p<0,001$

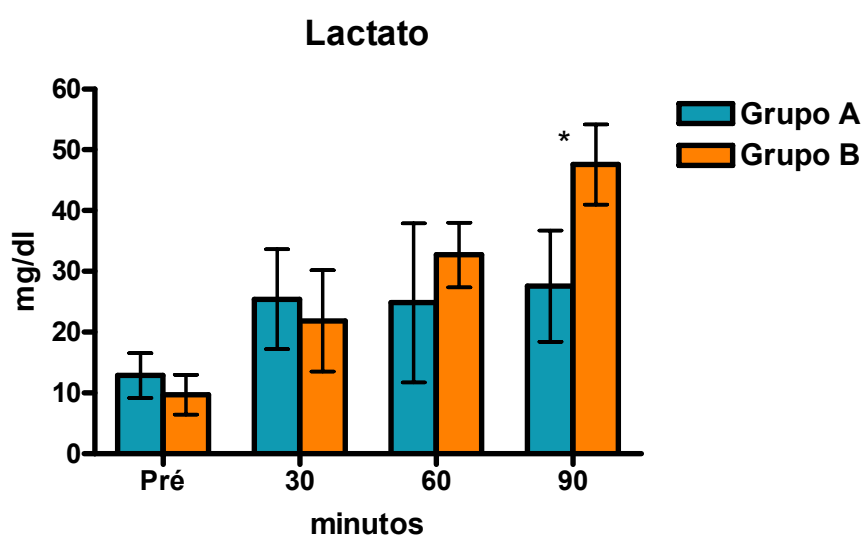
Gráfico 9. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Fluxo da Bomba Centrífuga.

5.3. Avaliação da variação da dosagem de lactato sérico

Tabela 10. Média e desvio padrão dos valores de lactato sérico nos dois grupos ao longo do tempo.

	Inicial	30	60	90
Grupo A	12,86±3,98	25,43±8,87	24,86±13,4	27,57±11
Grupo B	9,71±3,55	21,86±8,99	32,71±9,43	47,57±9,5
P	>0,05	>0,05	>0,05	<0,001

Foi observada modificação da variável ao longo do tempo ($p < 0,0001$). Houve diferença de comportamento entre os dois grupos ($p = 0,0233$). Houve interação entre os fatores grupo e tempo ($p = 0,013$), sendo observado diferença significativa entre os grupos aos 90 minutos de assistência.



* $p < 0,05$

Gráfico 10. Média e Intervalo de Confiança de 95% de valores de Lactato.

6. DISCUSSÃO

A realização de anastomose cavo-pulmonar proporcionou melhor desempenho da assistência circulatória esquerda com bomba centrífuga, na presença de disfunção biventricular aguda em cães.

Neste estudo, a utilização da anastomose cavo-pulmonar proporcionou melhor comportamento da pressão arterial média e do fluxo do DAVE, com valores persistentemente maiores durante o período de assistência, mais evidentes aos 90 minutos. O melhor desempenho hemodinâmico nos animais submetidos à anastomose cavo-pulmonar também pode ser evidenciado pelos maiores valores de pressão de átrio esquerdo encontrados neste grupo durante toda a assistência, refletindo maior retorno venoso para o átrio esquerdo.

O emprego da anastomose cavo-pulmonar durante assistência circulatória esquerda com bomba centrífuga promoveu ainda decompressão do VD, que pode ser observada pelos menores valores da pressão do VD nos animais do Grupo A durante todo o período de assistência circulatória.

De maneira geral, o uso de DAVE tem se mostrado superior ao tratamento medicamentoso isolado para pacientes com IC avançada e

refratária ao tratamento convencional farmacológico. O estudo REMATCH foi realizado com a participação de 20 centros americanos com experiência comprovada em tratamento de IC e TxC. Houve inclusão de 129 pacientes em IC classe funcional IV da New York Heart Association, não elegíveis para TxC. Após inclusão no estudo, houve randomização do tratamento para implante de DAVE (Heartmate VE LVAD - Thoratec Corporation, Pleasanton, CA) ou terapia medicamentosa otimizada. No momento da inclusão, 68% dos pacientes eram dependentes de drogas inotrópicas endovenosas. O uso de DAVE proporcionou redução absoluta de mortalidade de 27% em um ano, e redução de risco relativo de óbito de 48% em dois anos. No entanto, houve um elevado número de complicações como infecção, falha mecânica do dispositivo e falência de VD, fazendo com que apenas 23% dos pacientes com DAVE estivessem vivos ao final dos dois anos do estudo.

O efeito da assistência ventricular esquerda sobre a função ventricular direita permanece controverso. O aumento do retorno venoso produzido pelo DAVE pode afetar a função ventricular direita pelo aumento da pré-carga levando a redução do débito cardíaco causada pela diminuição de fluxo através da circulação pulmonar e diminuição do fluxo para o átrio esquerdo. Também pode ocorrer prejuízo inverso. A dilatação do VD causa desvio do septo interventricular para esquerda, reduzindo a complacência do VE e gerando ciclo vicioso com disfunção biventricular persistente (Mandarino, 1992; Pavie, 2006; Richembacher, 1983 e Slater, 2005).

A disfunção prévia do VD pode ser fator preditivo para o mal desempenho de DAVE isolado. Em estudo realizado pelo grupo da Universidade de Pittsburgh em pacientes submetidos a implante de DAVE, com realização subsequente de transplante cardíaco, observou-se pior desempenho do dispositivo em pacientes com disfunção prévia de VD. Neste grupo de pacientes, houve necessidade de uso de doses maiores de inotrópicos em todos os pacientes e instalação de assistência biventricular em alguns casos (Kormos et al. , 1989).

A capacidade do VD em manter débito necessário para suprir a necessidade de volume do DAVE está criticamente relacionada à sua contratilidade intrínseca. O uso de DAVE descomprime o VE resultando em redução de componente reversível de hipertensão pulmonar em pacientes com IC terminal, melhorando assim o volume sistólico do VD e o fluxo para o DAVE. Por outro lado, o aumento do retorno venoso pode revelar situações previamente mascaradas de disfunção de VD causadas por isquemia (miocárdio atordado), cardiomiopatia, hipertensão pulmonar ou arritmias (Kavarana et al., 2002).

A disfunção do VD, antes considerada sem importância clínica devido a suposto funcionamento como conduto passivo desta cavidade (Sade et al., 1975), recebe atenção crescente no tratamento de pacientes com IC nos dias atuais. Sabe-se hoje que esta é uma complicação clínica freqüente, podendo ocorrer em até metade dos pacientes com infarto agudo de parede inferior. Pode ser caracterizada por síndrome isquêmica leve até choque cardiogênico refratário à terapia medicamentosa (Kinch et

al., 1994). Segundo Moazami et al, pacientes que apresentam falência grave de VD pós cardiectomia mantêm elevadas taxas de óbito mesmo quando são submetidos a suporte circulatório com DAVD (Moazami et al., 2004).

Em estudo com realização de ecocardiograma transesofágico por choque cardiogênico após cirurgia cardíaca em 75 pacientes consecutivos, foi identificada falência de VD em 48% dos casos (Dávila-Román et al., 1995). Desta maneira, pode-se supor que a falência de VD contribua para o aparecimento de grande parte dos casos de choque cardiogênico encontrados em pós-operatório de cirurgia cardíaca.

Zehender et al. publicaram estudo prospectivo com avaliação de 200 pacientes consecutivos com infarto agudo do miocárdio de parede inferior. Cerca de metade dos pacientes apresentava sinais de comprometimento do VD. O índice de mortalidade hospitalar foi de 19% e de complicações maiores como arritmias ventriculares, choque cardiogênico e bloqueio átrio-ventricular total foi de 47%. (Zehender et al., 1993).

O emprego da anastomose cavo-pulmonar para decompressão do ventrículo direito e suporte hemodinâmico na falência ventricular já foi proposto por alguns autores.

A realização de anastomose cavo-pulmonar para tratamento de pacientes com doença de Ebstein e disfunção isolada de VD foi proposta por Chauvaud et al (1998) com bons resultados. O mesmo grupo propôs preditores de falência de VD na correção de anomalia de Ebstein,

sugerindo realização de anastomose cavo-pulmonar neste grupo de pacientes, antes mesmo do desenvolvimento da falência ventricular. (Chauvaud et al., 2000). Houve redução da ocorrência de óbito de 24 para 6% após a utilização desta abordagem técnica.

Em situação de falência aguda de VD de causa isquêmica, há relato de caso de realização de anastomose cavo-pulmonar em paciente de 36 anos. Após dissecação aguda de aorta com comprometimento de artéria coronária direita e falência ventricular direita, houve dificuldade de interrupção da circulação extra-corpórea. Segundo os autores, foi verificada distensão de VD, com queda na PAM, ao se tentar interromper a circulação extra-corpórea. O desligamento do suporte circulatório só foi possível após a confecção de anastomose cavo-pulmonar entre a VCS e a APD. O paciente recebeu alta hospitalar com 19 dias de pós-operatório, permanecendo vivo após 18 meses de seguimento (Kunihara et al., 2004).

Os valores de fluxo de VCS e pulmonar total se mantiveram constantes no Grupo A nos períodos pré e pós assistência com o implante isolado do DAVE, demonstrando eficiência hemodinâmica na utilização deste método combinado de suporte circulatório. Além disso, os valores constantes de fluxo de VCS atestam a boa perviedade da anastomose realizada entre a VCS e a APD.

Por outro lado, as medidas de fluxo pulmonar no Grupo B apresentaram queda persistente durante toda a assistência, devido à incapacidade de manutenção do débito cardíaco direito, sem a

descompressão adequada do VD através da anastomose cavo-pulmonar. O retorno venoso direcionado ao átrio direito não era eficientemente direcionado à circulação pulmonar, já que havia falência extrema de VD. Além disso, foi clara a redução progressiva de fluxo máximo da bomba centrífuga durante a assistência nos animais do Grupo B, sugerindo a impossibilidade de manutenção por longos períodos, sem nenhum método de suporte ou descompressão do VD. A dificuldade de direcionamento do retorno venoso sistêmico à circulação pulmonar gerou fluxo insuficiente ao átrio esquerdo, limitando o fluxo máximo atingido na bomba centrífuga.

A dosagem de lactato sérico, marcador de isquemia tecidual, mostrou-se significativamente menor no Grupo A, indicando melhor perfusão tecidual nestes animais. O aumento dos valores deste marcador no início da assistência observado nos dois grupos deve-se provavelmente às alterações hemodinâmicas provocadas pela assistência não pulsátil e ao uso de priming cristalóide nos dois grupos. O caráter constante da dosagem de lactato nos animais do Grupo A evidencia a estabilidade da assistência conferida a este grupo. Esta estabilidade foi evidente durante o todo procedimento, levando-se em conta os valores estáveis de PAM observados.

Por outro lado, observou-se incremento progressivo nas dosagens de lactato nos animais do grupo sem anastomose cavo-pulmonar (Grupo B), com diferença significativa aos 90 minutos de assistência. Estes dados demonstram a dificuldade em se manter os

animais com IC biventricular com assistência circulatória esquerda isolada, levando a deterioração progressiva de outros órgãos e sistemas, em decorrência da baixa perfusão sangüínea ocasionada. Provavelmente esta diferença se acentuaria em períodos mais prolongados de manutenção da assistência circulatória isolada ao ventrículo esquerdo.

Ainda não existem procedimentos de efetividade clínica comprovada no tratamento da disfunção ventricular direita. A técnica de contra-pulsção com balão, muito utilizada para assistência de VE não têm utilização difundida para os casos de falência de VD. A dificuldade anatômica de posicionamento do balão na artéria pulmonar torna o procedimento de difícil execução técnica. Alguns autores propuseram o emprego da contrapulsção com balão na artéria pumonar através de anastomose término-lateral de tubo de material sintético no tronco pulmonar (Spence et al., 1986). O cateter balão seria então posicionado no interior deste tubo, paralelo à circulação pulmonar. A técnica implica em manutenção do esterno aberto e é acompanhada de particularidades de programação do sistema de contra-pulsção. Não encontramos publicações disponíveis com emprego clínico em larga escala desta técnica.

Sano et al (2002) e Takagaki et al (2003), e propuseram a técnica de exclusão do ventrículo direito, como alternativa ao TxC, para pacientes com falência crônica e isolada de VD causada por displasia arritmogênia do VD (2 adultos) ou doença de Ebstein (1 adulto e 5 crianças). A cirurgia foi realizada em oito pacientes e não houve nenhum óbito. O seguimento

foi de apenas 30 dias. A abordagem realizada é de grande complexidade técnica e consiste na ressecção da parede livre do ventrículo direito, preservando a valva pulmonar e com esqueletização da artéria coronária direita. A seguir, realiza-se anastomose cavo-pulmonar total ou parcial dependendo da etiologia da doença que motivou a cirurgia. Após realização da técnica em 8 pacientes, não houve morte hospitalar ou após 30 dias de seguimento.

Kaul e Kahn (2000) descreveram o uso de técnica semelhante de exclusão de VD com anastomose bicavo-pulmonar para a APD e oclusão do tronco da artéria pulmonar. A técnica foi realizada em três pacientes com idade superior a 65 anos, não candidatos a TxC, que apresentavam falência grave de VD pós-infarto. Após seguimento de 3 anos, não houve óbitos entre estes pacientes.

Os efeitos da realização de anastomose cavo-pulmonar em situações de IC biventricular grave sob assistência circulatória mecânica ainda não haviam sido estudados. A utilização de suporte circulatório não pulsátil deveu-se à maior disponibilidade deste tipo de assistência em nosso meio, estando acessível para a maioria dos serviços. Além disso, a assistência com bomba centrífuga é capaz de manter o débito do VE mesmo em casos extremos de falência ventricular, o que não seria possível com outros métodos de assistência.

A técnica cirúrgica empregada neste estudo é bem estabelecida e facilmente executável. A ausência de hipertensão pulmonar, por tratar-se de situação aguda, favorece o funcionamento fisiológico da anastomose

cavo-pulmonar. Com menores valores de pressão e resistência pulmonares, o fluxo da VCS é mais facilmente direcionado à circulação pulmonar através da anastomose cavo-pulmonar.

Algumas situações de disfunção biventricular na prática clínica costumam cursar sem a presença de HP pré-instalada, como na disfunção miocárdica pós cardiectomia e na disfunção pós infarto agudo do miocárdio. Nestes casos poderia haver maior benefício com o emprego da técnica experimentalmente proposta em nosso trabalho. Na miocardiopatia chagásica crônica também se observam graus menores de hipertensão pulmonar, embora frequentemente exista um comprometimento biventricular (Moreira et al, 2007), o que favoreceria o funcionamento da técnica proposta. O emprego de novas drogas para o controle da hipertensão pulmonar, como o óxido nítrico, e o diagnóstico cada vez mais precoce de IC grave, levando a instalação mais precoce de DAVE também proporcionam campo promissor para o emprego da técnica aqui proposta.

O caráter agudo do experimento, com apenas 90 minutos de seguimento deveu-se à escolha de modelo extremo de IC com instalação de ritmo de FV. A intenção do estudo era verificar se a anastomose cavo-pulmonar poderia manter condições estáveis de assistência circulatória esquerda em situação de disfunção biventricular de extrema gravidade. Entretanto, destacamos a necessidade de realização de outros estudos experimentais para definir melhor a influência deste tipo de procedimento na recuperação do miocárdio e na diminuição das complicações relacionadas ao aumento da resposta inflamatória com sistemas de assistência biventricular.

7 CONCLUSÕES

7. CONCLUSÕES

Concluimos que:

1. Ocorreu descompressão do ventrículo direito com a realização de anastomose cavo-pulmonar em modelo animal de falência biventricular aguda sob assistência circulatória esquerda.
2. A técnica realizada proporcionou bom desempenho hemodinâmico levando a melhores condições de assistência circulatória, que se mostra estável por pelo menos 90 minutos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aaron S. Blom and Michael A. Acker. The Surgical Treatment of End-Stage Heart Failure. *Current Problems in Cardiology*. 2007;32: 553-599.

Ambarasu M, Manohar K, Titus T, Neelakandhan KS. One-And-A-Half Ventricle Repair For Right Ventricular Endomyocardial Fibrosis. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2004;12:363-5.

Bakos CP. The question of the function of the right ventricular myocardium: an experimental study. *Circulation* 1950;1:724-32.

Benício A, Moreira LFP, Hayashida S, Cesteri IA, Leirner AA, Stolf NAG, Jatene Ad. Avaliação do desempenho hemodinâmico do dispositivo de assistência ventricular Incor como substituto do coração esquerdo. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 1999;14:237-46.

Carlson CA, Mondini PG, de Marchi R. Surgical treatment of some cardiovascular diseases. *J Int Coll Surg*. 1951;16:1-11.

Chauvaud S, Fuzellier JF, Berrebi A, Lajos P, Marino JP, Mihaileanu S, Carpentier A. Bi-directional cavopulmonary shunt associated with

- ventriculo and valvuloplasty in Ebstein's anomaly: benefits in high risk patients. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1998;13:514-9.
- Chauvaud S. Ebstein's malformation. surgical treatment and results. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2000;48:220-3.
- Chow E, Farrar JD. Right heart function during prosthetic left ventricular assistance in a porcine model of congestive heart failure. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1992; 104:569-78.
- Daanton MH, Byrne JG, Flores KQ, Hsin M, Martin JS, Laurence RG, Cohn LH, Aklog L. Modified Glenn Connection for acutely ischemic right ventricular failure reverse secondary left ventricular dysfunction. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2001;122:80-91.
- Dávila-Román VG, Waggoner AD, Hopkins WE, Barzilai B. Right ventricular dysfunction in low output syndrome after cardiac operations: assessment by transesophageal echocardiography. *Ann Thorac Surg*. 1995;60:1081-6.
- Digiorgi PL, Reel MS, Thornton B, Burton E, Naka Y, Oz MC. Heart transplant and left ventricular assist device costs. *J Heart Lung Transplant*. 2005;24:200-4.
- Elbeery JR, Owen CH, Savitt MA, Davis JW, Feneley MP, Rankin JS, VanTrigt P. Effects of the left ventricular assist device on right ventricular function. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1990;99:809-16.
- Eyskens B, Mertens L, Kuzo R, De Jaegere T, Lawrenson J, Dymarkowski S, Bogaert J, Daenen W, Gewillig M. The ratio of flow in the superior

and inferior caval veins after construction of a bidirectional cavopulmonary anastomosis in children. *Cardiol Young*. 2003;13:123-30.

Farrar DJ, Hill JD, Pennington DG, McBride LR, Holman WL, Kormos RL, Esmore D, Gray LA Jr, Seifert PE, Schoettle GP, Moore CH, Hendry PJ, Bhayana JN. Preoperative and postoperative comparison of patients with univentricular and biventricular support with the thoratec ventricular assist device as a bridge to cardiac transplantation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1997;113(1):202-9.

Fenn JE, Glenn WW, Guilfoil PH, Hume M, Patino JF. Circulatory bypass of the right heart. II. Further observations on vena caval-pulmonary artery shunts. *Surg Forum*. 1956;6:189-93

Fontan F, Baudet E. Surgical repair of tricuspid atresia. *Thorax*. 1971;26:240-8.

Fontan F, Mounicot FB, Baudet E, Simonneau J, Gordo J, Gouffrant JM. "Correction" of tricuspid atresia. 2 cases "corrected" using a new surgical technic. *Ann Chir Thorac Cardiovasc*. 1971;10:39-47.

Fukuda S, Takano H, Taenaka Y, Nakatani T, Noda H, Kinoshita M, Akutsu T, Takeushi A. Chronic effect of left ventricular assist pumping on right ventricular function. *ASAIO Trans*. 1988;34:712-5.

Glenn WWL, Patino JF. Circulatory by-pass of the right heart. I. Preliminary observations on the direct delivery of vena caval blood into

the pulmonary arterial circulation: azygos vein-pulmonary artery shunt.

Yale J Biol Med 1954;24:147–9.

Kannel WB. Incidence and epidemiology of heart failure. *Heart Fail Rev*.

2000;5:167-73. Review.

Kaul TK, Fields BL. Postoperative acute refractory right ventricular failure:

incidence, pathogenesis, management and prognosis. *Cardiovasc Surg*. 2000;8:1-9.

Kaul TK, Kahn DR. Postinfarct Refractory Right Ventricle: Right Ventricular

Exclusion. A Possible Option to Mechanical Cardiac Support, in Patients Unsuitable for Heart Transplant. *J Cardiovasc Surg(Torino)*.

2000; 41:349-55.

Kavarana MN, Pessin-Minsley MS, Urtecho J, Catanese KA, Flannery M,

Oz MC, Naka Y. Right Ventricular dysfunction and organ failure in left ventricular assist device recipients: a continuing problem. *Ann Thorac Surg*. 2002;73:745-50.

Kinch JW, Ryan TJ. Right ventricular infarction. *N Engl J Med*.

1994;330:1211-7.

Kinoshita M, Long JW Jr, Pantalos G, Burns GL, Olsen DB. Hemodynamic

influence of LVAD on right ventricular failure. *ASAIO Trans*.

1990;36(3):M538-41.

Konstantinov IE, Alexi-Meskishvili VV. Cavo-pulmonary shunt: from the

first experiments to clinical practice. *Ann Thorac Surg*. 1999;68:1100-6.

- Kormos RL, Gasior T, Antaki J, Armitage JM, Miyamoto Y, Borovetz HS, Hardesty RL, Griffith BP. Evaluation of right ventricular function during clinical left ventricular assistance. *ASAIO Trans.* 1989;35(3):547-50.
- Kotoh K, Ishii K, Abe Y, Deleuze P, Loisançe D. Experimental assesment of right ventricular function in normal pigs with a left vebtricular assist device. *Artif Organs.* 1994;18: 918-22.
- Kunihara T, Dzindzibaze V, Aicher D, Schafers HJ. Bidiretional Cavopulmonary Shunt For Acute Right Ventricular Failure in an Adult Patient. *Ann Thorac Surg.* 2004;78:1066-8.
- Leirner AA. Tratamento da induficiência cardíaca congestiva através da assistência circulatória mecânica. *CBEB '2000.* 2000;1:67-77.
- Lietz K, Long JW, Kfoury AG, Slaughter MS, Silver MA, Milano CA, Rogers JG, Naka Y, Mancini D, Miller LW. Outcomes of left ventricular assist device implantation as destination therapy in the post-REMATCH era: implications for patient selection.. *Circulation.* 2007;116:497-505.
- Lietz K, Miller LW. Improved Survival of Patients With End-Stage Heart Failure Listed for Heart Transplantation Analysis of Organ Procurement and Transplantation Network/U.S. United Network of Organ Sharing Data, 1990 to 2005. *J Am Coll Cardiol.* 2007;50:1291-3.
- Liu J, Lu Y, Chen H, Shi Z, Su Z, Ding W. Bidirectional Glenn procedure without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg.* 2004;77:1349-52.

- Maddali MM, Mathew M, Fahr J, Valliattu J. Off-pump bidirectional Glenn shunt by active decompression of the superior vena cava. *Indian Heart J.* 2003;55:649-51.
- Mandarino WA, Morita S, Kormos RL, Kawai A, Deneault LG, Gasior TA, Losken B, Griffith BP. Quantitation of right ventricular shape changes after left ventricular assist device implantation. *ASAIO J.* 1992;38:M228-31.
- Moazami N, Pasque MK, Moon MR, Herren RL, Bailey MS, Lawton JS, MD, and Damiano RJ. Mechanical Support for Isolated Right Ventricular Failure in Patients After Cardiectomy *J Heart Lung Transplant.* 2004;23:1371-5.
- Moreira LF, Galantier J, Benício A, Leirner AA, Cestari IA, Stolf NA. Left ventricular circulatory support as bridge to heart transplantation in Chagas' disease cardiomyopathy. *Artif Organs.* 2007;31(4):253-8.
- Nordhaug D, Steensrud T, Muller S, Husnes KV, Myrnes T. Intraaortic Balloon Pumping Improves Hemodynamics and Right Ventricular Efficiency in Acute Ischemic Right Ventricular Failure. *Ann Thorac Surg* 2004;78:1426-32.
- Ochiai Y, Mc Carthy PM, Smedira NG, Bambury MK, Navia JL, Feng J, Hsu AP, Yeager ML, Buda T, Hoercher KJ, Howard MW, Takagaki M, Doi K, Fukamashi K. Predictors of Severe Right Ventricular Failure After Implantable Left Ventricular Assist Device Insertion: Analysis of 245 Patients. *Circulation.* 2002;106[suppl I]:I-198-I-202.

Pavie A, Leger P. Physiology of univentricular versus biventricular support.

Ann Thorac Surg. 1996;61:347-9.

Pêgo-Fernandes PM, Stolf NA, Moreira LF, Fabri HA, Leirner AA, Oliveira

SA, Jatene AD. Influence of biopump with and without intraaortic balloon on the coronary and carotid flow. *Ann Thorac Surg.*

2000;69:536-40.

Richembacher WE, Pierce WS. Right ventricular failure following

implantation of a left ventricular assist device. *Curr Surg.* 1983; 40:274-

7.

Robicsek F, Temesvari A, Kadar RL. A new method for the treatment of

congenital heart disease associated with impaired pulmonary circulation; an experimental study. *Acta Med Scand.* 1956;154:151-61.

Rose EA, Gelijns AC, Moskowitz AJ, Heitjan DF, Stevenson LW,

Dembitsky W, Long JW, Ascheim DD, Tierney AR, Levitan RG, Watson JT, Meier P, Ronan NS, Shapiro PA, Lazar RM, Miller LW, Gupta L,

Frazier OH, Desvigne-Nickens P, Oz MC, Poirier VL; Randomized Evaluation of Mechanical Assistance for the Treatment of Congestive

Heart Failure (REMATCH) Study Group. Long-term mechanical left ventricular assistance for end-stage heart failure. *N Engl J Med*

2001;345:1435-43.

Rose EA, Gelijns AC, Moskowitz AJ, Heitjan DF, Stevenson LW,

Dembitsky W, Long JW, Ascheim DD, Tierney AR, Levitan RG, Watson JT, Meier P, Ronan NS, Shapiro PA, Lazar RM, Miller LW, Gupta L,

- Frazier OH, Desvigne-Nickens P, Oz MC, Poirier VL, for the REMATCH Study Group. Long-term mechanical left ventricular assistance for end-stage heart failure. *N Engl J Med*. 2001;345:1435–1443.
- Rose JC, Cosimano SJ Jr, Hufnagel CA, Massullo EA. The effects of exclusion of the right ventricle from the circulation in dogs. *J Clin Invest*. 1955;34:1625-31.
- Rossi Neto, Manoel J. A dimensão do problema da insuficiência cardíaca do Brasil e do mundo. *Rev. Soc. Cardiol. Estado de São Paulo*. 2004;14:1-10.
- Sade R, Castaneda AR. The dispensable right ventricle. *Surgery*. 1975;77:624-31.
- Sano S, Ishino K, Kawada M, Kasahara S, Kohmoto T, Takeuchi M, Ohtsuki S. Total right ventricular exclusion procedure: an operation for isolated congestive right ventricular failure. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002;123:640-7.
- Sato M, Mohri H, Miura M, Watanabe T, Nitta S, Sato S. Right ventricular failure during clinical use of a left ventricular assist device. *ASAIO Trans*. 1989; 35:550-2.
- Scheurer MA, Hill EG, Vasuki N, Maurer S, Graham EM, Bandisode V, Shirali GS, Atz AM, Bradley SM. Survival after bidirectional cavopulmonary anastomosis: analysis of preoperative risk factors. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2007;134:82-9, 89.e1-2.

- Skillington PD, Couper GS, Peigh PS, Fitzgerald D, Cohn LH. Pulmonary artery balloon counterpulsation for intraoperative right ventricular failure. *Ann Thorac Surg*. 1991;51:658-60.
- Slater JP, Goldstein DJ, Ashton RC Jr, Levin HR, Sportnitz HM, Oz MC. Right- to- Left venoarterial shunting for right-sided circulatory failure. *Ann Thorac Surg*. 1995; 60:978-84.
- Spence PA, Peniston CM, Mihic N, Jabr AK, Salerno TA. A rational approach to the selection of an assist device for the failing right ventricle. *Ann Thorac Surg*. 1986;41:606-8.
- Spence PA, Weisel RD, Salerno TA. Right ventricular failure. Pathophysiology and treatment. *Surg Clin North Am*. 1985;65:689-97.
- Starr I, Jeffers A and Meade RH. The absence of conspicuous increments in venous pressure after severe damage to the right ventricle of the dog, with a discussion of the relation between clinical congestive failure and heart disease. *Am Heart J* 1943; 26:291-301.
- Takagaki M, Ishino K, Kawada M, Ohtsuki S, Hirota M, Tedoriya T, Tanabe Y, Nakai M, Sano S. Total Right Ventricular Exclusion Improves Left Ventricular Function in Patients With End-Stage Congestive Right Ventricular Failure. *Circulation*. 2003;108[suppl II]:II-226-II229.
- Trulock EP, Christie JD, Edwards LB, Boucek MM, Aurora P, Taylor DO, Dobbels F, Rahmel AO, Keck BM, Hertz MI. Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: Twenty-fourth

Official Adult Lung and Heart–Lung Transplantation Report—2007. *J Heart Lung Transplant*. 2007;26:769-81.

Tsukui H, Teuteberg JJ, Murali S, McNamara DM, Buchanan JR, Winowich S, Stanford E, Mathier MA, Cadaret LM, Kormos RL. Biventricular assist device utilization for patients with morbid congestive heart failure: a justifiable strategy. *Circulation*. 2005 Aug 30;112(9 Suppl):I65-72.

Warden HE, de Wall RA, Varco RL. Use of the right auricle as a pump for the pulmonary circuit. *Surg Forum*. 1955;5:16-22.

Zehender M, Kasper W, Kauder E, Schönthaler M, Geibel A, Olschewski M, Just H. Right Ventricular infarction as an independent predictor of prognosis after acute inferior myocardial infarction. *N Engl J Med*. 1993;328:981-8.

9. ANEXOS

Anexo A: Medidas do momento inicial.

Animal			Inicial									
Grupo	SEXO	PESO	PAD	PVCS	PAE	PVD	FLUXO PU	FLUXO VCS	PAM	HB	HT	LACTATO
A	FEM	29	4	2	15,00	15,00	2,20	0,70	103,00	12,00	37,00	5,00
A	MASC	22	2	4	13,00	20,00	1,50	0,20	70,00	7,00	21,00	14,00
A	MASC	18	3	5	12,00	20,00	1,50	0,40	63,00	7,50	23,00	16,00
A	MASC	22	8	8	5,00	20,00	1,20	0,40	80,00	9,70	30,10	15,00
A	FEM	30	6	10	9,00	20,00	1,80	0,45	92,00	8,60	27,00	10,00
A	FEM	18	4,5	4,5	12,00	15,00	1,10	0,20	60,00	8,40	26,00	15,00
A	MASC	17	6	4	5,00	18,00	1,40	0,30	120,00	15,30	47,00	15,00
B	MASC	16	5	3	3,00	18,00	0,90	0,21	100,00	10,20	31,60	11,00
B	MASC	27	10	10	4,00	30,00	1,80	0,60	100,00	10,70	33,00	6,00
B	MASC	27	8	7	2,00	16,50	1,80	0,80	92,00	10,50	32,60	10,00
B	MASC	25	4	4	7,00	13,00	1,50	0,50	84,00	10,90	33,50	15,00
B	MASC	24	9	9	8,00	12,00	1,80	0,50	98,00	9,60	30,20	13,00
B	MASC	26	6	6,5	13,00	17,00	1,30	0,50	85,00	12,30	38,00	6,00
B	MASC	19	12	12	8,00	15,00	1,20	0,40	60,00	10,00	31,00	7,00

Anexo B. Medidas aos 30 minutos de assistência.

30 MINUTOS												
Grupo	PAD	PVCS	PAE	PVD	FLUXO PU	FLUXO VCS	FLUXO P TOTAL	FLUXO BIOPUMP	PAM	HB	HT	LACTATO
A	5	5	13	10	1,2	0,32	1,52	1,3	90,00	12,00	38,00	22,00
A	4,5	6	0	9	1,8	0,2	2	1,1	60,00	6,00	18,00	30,00
A	8	10	2	7,5	1,5	0,4	1,9	1	55,00	7,00	22,00	30,00
A	16	16	0	15	0,4	0,4	0,8	0,8	45,00	7,00	21,50	35,00
A	16	20	3	17	1,2	0,45	1,65	1,2	70,00	9,30	28,80	33,00
A	18	12	1	16	1,5	0,25	1,75	1,5	70,00	6,00	18,00	16,00
A	14	10	1	20	1,1	0,3	1,4	1,1	90,00	11,00	31,00	12,00
B	15	15	0	42	0,9	0,2		1,05	57,00	8,00	25,00	18,00
B	20	18	1,4	40	0,8	0,4		0,8	80,00	10,60	32,80	25,00
B	7	7	1	20	0,7	0,3		0,8	35,00	8,70	27,00	39,00
B	6	5	2	12	0,8	0,3		0,6	48,00	10,30	28,60	22,00
B	13	13	0	9	1,1	0,4		0,9	38,00	8,60	27,00	23,00
B	8	8	0	15	1,2	0,5		0,8	45,00	12,00	37,00	15,00
B	12	12	3	17	0,8	0,2		0,6	50,00	10,50	33,00	11,00

Anexo C: Medidas aos 60 minutos de assistência.

60 MINUTOS												
Grupo	PAD	PVCS	PAE	PVD	FLUXO PU	FLUXO VCS	FLUXO P TOTAL	FLUXO BIOPUMP	PAM	HB	HT	LACTATO
A	12	12	6	15	1,2	0,31	1,51	1,55	81	12	36	25
A	10	12	5	10	1,1	0,5	1,6	1,8	55	6	17,5	40
A	10	10	4	12	0,6	0,3	0,9	0,8	50	6,5	20	40
A	12	12	0	15	0,8	0,3	1,1	1,1	50	6	19	45
A	10	10	5	16	1,2	0,4	1,6	1,7	82	9,8	30,3	18
A	9	9	0	18	0,9	0,35	1,25	1,2	65	6,2	19	28
A	11	8	0	17	1	0,3	1,3	1,2	70	9	26	8
B	16	16	0	37	0,4	0,15		0,35	25	8	23,6	26
B	18	15	1	35	0,6	0,2		0,6	40	9,3	28,8	29
B	8	8	1	15	0,5	0,25		0,63	30	8	25	39
B	8	7	0	15	0,6	0,2		0,6	30	8,2	25,4	28
B	13	12	0	11	0,6	0,3		0,6	26	8	24,8	37
B	7	7	0	20	0,5	0,13		0,5	40	13	41	30
B	10	10	1	18	0,6	0,2		0,7	40	10,7	33	10

Anexo D: Medidas aos 90 minutos de assistência.

90 MINUTOS												
Grupo	PAD	PVCS	PAE	PVD	FLUXO PU	FLUXO VCS	FLUXO P TOTAL	FLUXO BIOPUMP	PAM	HB	HT	LACTATO
A	7	12	9	8	1,3	0,35	1,65	1,6	71	12,7	39	30,00
A	7	8	0	10	0,7	0,6	1,3	1,6	55	5,5	17	40,00
A	14	13	0	12	0,5	0,3	0,8	0,8	50	6,2	19	39,00
A	17	13	0	15	0,4	0,5	0,9	0,8	70	6	17,6	34,00
A	16	15	3	15	1,2	0,4	1,6	1,6	73	10	32	17,00
A	17	13	0	18	0,9	0,3	1,2	1	50	6,1	18	32,00
A	15	15	2	15	1	0,28	1,28	1,2	100	8,5	26	11,00
B	17	17	0	34	0,3	0,1		0,3	23	7,5	23	42,00
B	10	10	0	30	0,4	0,35		0,6	40	8,2	25,5	45,00
B	10	10	0	11	0,4	0,15		0,5	25	8	24,9	49,00
B	9	7	1	18	0,5	0,2		0,5	37	9,1	28,1	43,00
B	15	14	0	16	0,4	0,2		0,4	18	8,2	24,9	59,00
B	12	12	1	28	0,4	0,2		0,7	40	12	38	55,00
B	10	10	2	17	0,4	0,2		0,5	40	9	27	30,00

Anexo E. Volume Cristalóide Infundido.

VOLUME CRISTALÓIDE - FINAL (ML/KG)
100
120
95
90
88
116
130
94
115
117
123
120
115
120