

José Otavio Costa Auler Junior
Arlindo Riso
Ambrósio T. Gonçalves
Antonio Esteves
Haroldo Andrade de Oliveira
Marcos F. Berlinck
Maurício Scanavacca
Miguel Ratti
Ricardo Mazzieri
Ruy V. Gomide do Amaral*
Januário M. de Souza
Sérgio Almeida de Oliveira

Monitorização hemodinâmica no pós-operatório de crianças submetidas à correção de cardiopatias congênitas

Propõe-se um método de monitorização hemodinâmica que compreende a avaliação do débito cardíaco, pressões atriais, pressão arterial, frequência cardíaca, temperatura corporal e volume urinário.

Essa monitorização mais ampla foi utilizada em 12 crianças com média de idade 24 meses (desvio padrão 17 meses). As principais indicações foram: idade e peso reduzidos, necessidade de drogas inotrópicas ao sair de circulação extracorpórea, complexidade da cardiopatia e da correção cirúrgica, e insuficiência cardíaca ou respiratória antes da operação.

São analisados os resultados terapêuticos, através de curva de função ventricular e particularidades na evolução hemodinâmica no pós-operatório em gráficos separados.

O débito cardíaco foi obtido por termodiluição e são discutidos aspectos relacionados com o método utilizado em sua determinação.

O procedimento revelou-se seguro e reprodutível, fornecendo subsídios importantes para decisões terapêuticas.

O avanço da cirurgia cardiovascular nesses últimos anos tem possibilitado a correção total de cardiopatias graves e complexas, envolvendo muitas vezes crianças com insuficiência cardíaca e respiratória graves. O sucesso do tratamento cirúrgico está estreitamente relacionado com a qualidade dos cuidados intensivos durante o pós-operatório. Entre esses, cabe à monitorização hemodinâmica um papel fundamental, pois é o conhecimento adequado da função cardiovascular que permite a utilização correta de drogas vasoativas, expansores plasmáticos para o tratamento dos distúrbios hemodinâmicos observados após a correção cirúrgica¹.

Embora a clássica monitorização, que compreende a avaliação da pressão venosa central (PVC), volume urinário (VU), frequência cardíaca (FC) e pressão arterial média (PAM), proporcione dados hemodinâmicos satisfatórios, os mesmos são insuficientes para certas situações nas quais se exige um conhecimento mais completo da fisiologia cardiovascular. Em vista disto, nosso objetivo é a padronização de uma rotina de monitorização hemodinâmica para casos de alto risco, bem como analisar os resultados obtidos e os métodos empregados²⁻⁷.

Material e métodos

Foram submetidas à monitorização hemodinâmica 12 crianças portadoras das seguintes cardiopatias congênitas: comunicação interventricular (CIV) (3 casos), tetralogia de Fallot, (TF) (5), transposição dos grandes vasos de base (TGVB) (2) e origem anômala do tronco da coronária esquerda (2). As intervenções realizadas foram: fechamento de comunicação interventricular com retalho "dacron(R)" (CIV) mais alargamento da via de saída, com retalho de pericárdio heterólogo (TF), operação de Rastelli (TGVB) e transferência do tronco da coronária esquerda da artéria pulmonar para a aorta (coronária anômala).

Os critérios utilizados para a monitorização hemodinâmica foram: complexidade da cardiopatia a ser corrigida, insuficiência cardíaca e/ou respiratória graves no pré-operatório, baixo peso e/ou idade e/ou baixo débito ao sair de circulação extracorpórea (CEC), caracterizado por elevação das pressões atriais e necessidade de drogas inotrópicas para manter a pressão arterial adequada.

Das crianças estudadas, 6 eram do sexo feminino, com média de idade 24 meses (desvio-

Trabalho realizado no serviço de cirurgia cardiovascular do Dr. Sérgio Almeida de Oliveira, do Hospital da Beneficência Portuguesa.

* Chefe do Serviço de Anestesiologia.

padrão 17 meses) média de peso 9,02 kg (desvio-padrão 4,30) a média de superfície corporal 0,50 m² (desvio-padrão 0,17 m²).

A rotina de monitorização constituiu-se de cateter no átrio direito (AD), colocado através da veia jugular interna direita por punção percutânea⁵ (Bard Incath (R) - infantil agulha 17G, comprimento 20,4 cm) para determinação da pressão de enchimento do ventrículo direito (VD). A posição correta da extremidade do cateter no átrio direito foi verificada no ato cirúrgico. Cateter no átrio esquerdo (AE), colocado por punção atrial durante a operação (Bard Incath (R) - infantil - agulha 17G e comprimento 20,4 cm) e exteriorizado através da região infra-esternal para determinação da pressão de enchimento do ventrículo esquerdo (VE). Cateter de polietileno colocado na artéria radial para determinação da PAM e cateter para termodiluição (Thermodilution Probe (R) - 2,5F - 93030 - Edwards Laboratories) colocado durante a operação no tronco da artéria pulmonar através de punção da via de saída do VD para, determinação do débito cardíaco (DC)⁶. Foram também determinados o volume urinário horário (Cateter de Foley (R)) temperatura retal (teletermômetro Shiley (R) e do sangue na artéria pulmonar (Thermodilution Probe (R) em centígrados.

Antes do fechamento do tórax, determinou-se a concentração de oxigênio no sangue de amostras colhidas do AD e VD, nas intervenções com fechamento de CIV.

Logo após admissão na unidade de tratamento intensivo, determinou-se o DC, pressões de enchimento dos ventrículos, PAM e temperatura do sangue na artéria pulmonar e retal de 2 em 2 h, durante 12 h, quando se manteve ventilação controlada ou mandatária intermitente, sendo as medidas de pressão efetuadas no final da expiração, considerando-se zero o nível médio torácico.

Baseou-se a reposição de volume na pressão de enchimento (AD e AE), débito urinário, DC, utilizando-se sangue total para manter o hematócrito entre 30 e 40% e colóides (plasma e/ou albumina) para manter a pressão oncótica superior a 18 mmHg e, quando necessário, solução de Ringer. Procurou-se manter a temperatura em 37° e 37,5°C respectivamente, através de métodos físicos (colchão térmico - Therm - Rite (r).

O DC foi obtido por termodiluição, usando-se a média de 3 determinações sucessivas.

Utilizaram-se 5 ml de soro glicosado a 5% na temperatura de 0,5 a 1° centígrado, sendo as injeções realizadas no átrio direito. O cálculo do débito cardíaco foi processado em um computador 9520 A (Edwards Laboratories), que utiliza a fórmula de Stewart-Hamilton modificada por Swan

$$DC = \frac{1,08 (60) C_t V_i (T_s - T_i)}{1,22 \int_0^{\infty} \Delta T_s(t) dt}$$

e Ganz⁷⁻¹⁰

onde: DC = débito cardíaco; Vi = volume injetável; T, T_i = temperatura inicial do sangue e do injetado; C_t = fator empírico de correção para a variação da temperatura do

líquido injetado através do cateter; 1,22 = fator que com pensa a parcela área da curva não integrada (após os 30% do pico máximo); 1,08 é a relação entre o produto da densidade pelo calor específico de soro glicosado a 5% e o produto correspondente do sangue; Δ T é a função que relaciona a mudança da temperatura inicial do sangue e o tempo.

A superfície corporal foi calculada pelo nomograma de Dubois e os dados hemodinâmicos conforme a superfície corporal foram obtidos de fórmulas convencionais¹¹;

IC=DC/SC; IS = VS/FC x 1000; ITSVE =[1,36. (PAM-PAE).IS]/100 e RVS = (PAM - PAD)/IC x 80; onde: IC = índice cardíaco (l/min/m²); DC = débito cardíaco; SC = superfície corporal; IS = índice sistólico (ml/bat/m²); RVS = resistência vascular sistêmica (dinas - s/cm⁻⁵); PAM = pressão arterial média; PAD = pressão no átrio direito; PAE = pressão no átrio esquerdo; FC = frequência cardíaca; VS = volume sistólico; ITSVE = índice de trabalho sistólico do ventrículo esquerdo (g - m/m²).

Resultados

Os resultados estão resumidos no quadro I e nos gráficos 1 a 14.

Discussão

O manuseio pós-operatório de crianças submetidas à correção cirúrgica de cardiopatias congênitas torna-se muitas vezes difícil quando, frente a distúrbios circulatórios mais sérios, não se conta com apropriada monitorização das variáveis hemodinâmicas⁴.

Dentre as variáveis utilizadas, a determinação do DC é fundamental para a identificação desses distúrbios. A presença de baixo débito no pós-operatório imediato está correlacionada com mortalidade elevada¹² e, freqüentemente, em um determinado período durante o qual as demais variáveis se apresentam normais.

Embora exista correlação aceitável entre certos valores, tais como pH arterial e venoso, diferença arteriovenosa de oxigênio (dif a-v O₂), saturação e pressão parcial de oxigênio (sat vo₂ e Pvo₂), PVC, PAE, pressão arterial, volume urinário, temperatura² corporal, pulsos periféricos, com o DC, a mesma torna-se inadequada ao comparar esses valores com determinações diretas do DC, principalmente em situações hemodinâmicas complexas durante o pós-operatório imediato¹³⁻¹⁵. Quando determinações precisas da função cardíaca são requeridas, medidas diretas devem ser feitas¹⁶, pois se observou que IC inferior a 2,0 l/min/m² se associa à mortalidade elevada e uma terapêutica correta pode interferir nessa evolução, elevando precocemente o IC¹².

Das numerosas técnicas desenvolvidas para medir o DC, duas são particularmente utilizadas em laboratórios de hemodinâmica: técnica

Quadro I - Média e desvio padrão de sete determinações efetuadas em 12 horas da pressão arterial média (PAM), pressão do átrio direito (PAD), pressão do átrio esquerdo/mmHg (PAE), frequência cardíaca (bpm) (FC), índice cardíaco (MC), resistência vascular sistêmica, (dinas/s/cm⁻⁵) (RVS), índice sistólico (ml/bat/m²) (IS) trabalho sistólico do ventrículo esquerdo (gr/m/m²) (TSVE), temperatura do sangue na artéria pulmonar (graus °C) (TAP).

Casos	PAM	PAD	PAE	FC	IC	IS	TSVE	RVS	R retal.	TAP
1	72,14 (16,30)	13,07 (1,79)	14,00 (1,15)	131,14 (19,93)	2,14 (0,60)	16,50 (4,39)	11,25 (5,19)	2 549 (1092)	37,81 (0,81)	38,40 (0,77)
2	76,43 (4,76)	10,57 (1,51)	11,83 (2,48)	118,25 (4,20)	3,98 (0,74)	33,51 (5,60)	28,37 (5,13)	1354 (213)	37,43 (0,36)	37,76 (0,33)
3	85,d)O (10,82)	13,7n (2,14)	12,00 (1,00)	125,00 (8,86)	3,77 (0,44)	30,30 (4,65)	30,65 (9,19)	1555 (177)	37,64 (0,80)	38,57 (0,71)
4	82,14 3,93)	11,70 (0,95)	10,50 (1,94)	132,29 (11,57)	3,01 (0,07)	22,86 (1,80)	22,33 (3,23)	1874 (118)	37,50 (0,91)	37,86 (0,83)
5	70,00 (6,45)	9,79 (1,91)	11,29 (2,80)	127,71 (6,78)	2,48 (0,37)	19,54 (3,41)	15,96 (2,67)	1987 (428)	37,41 (0,33)	37,79 (0,65)
6	69,14 (3,85)	14,23 (2,31)	14,07 (1,02)	140,86 (8,47)	3,17 (0,25)	22,58 (2,18)	16,86 (1,44)	1402 (186)	37,01 (0,77)	37,75 (0,42)
7	80,71 (12,05)	9,77 (1,02)	14,21 (2,04)	133,00 (12,45)	3,65 (0,44)	27,65 (4,78)	24,68 (4,57)	(330)	37,43 (0,53)	37,96 (0,75)
8	66,01 9,0v6)	12,50 0,97)	13,29 (1,80)	134,29 14,76)	2,24 (0,13)	16,85 2,27)	12,25 (3,20)	1910 (309)	37,01 (0,83)	37,84 (0,64)
9	66,86 (6,26)	5,43 0,98)	16,29 (1,52)	151,14 21,35)	2,53 (0,82)	13,83 8,94)	11,69 5,23)	2163 (827)	37,03 (0,70)	38,06 (0,35)
10	92,14 (4,88)	10,14 (2,29)	11,07 (1,99)	142,00 (12,91)	3,27 (0,37)	23,08 (2,46)	25,40 (2,97)	2926 (252)	36,57 (0,89)	37,44 (0,87)
11	57,86 (4,10)	11,29 (2,81)	13,43 (1,72)	143,71 (8,12)	3,51 (0,70)	24,29 (3,82)	14,81 (3,08)	1091 (204)	37,37 (0,11)	37,94 (0,16)
12	55,71 (6,29)	3,03 (1,39)	14,29 (2,34)	146,57 10,63)	1,72 (0,13)	11,80 1,64)	6,13 (1,50)	24,56 (239)	38,79 (0,61)	39,22 (0,31)

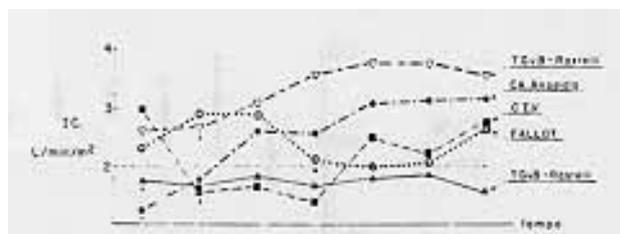


Gráfico 1 - Evolução durante 12h do índice cardíaco (IC) dos 5 casos que necessitaram dopamina em doses variando de 5 a 20 microgramas/kg/min. A seta representa o início da administração. Em apenas um caso (TGVB), o IC permaneceu inferior a 2,0.

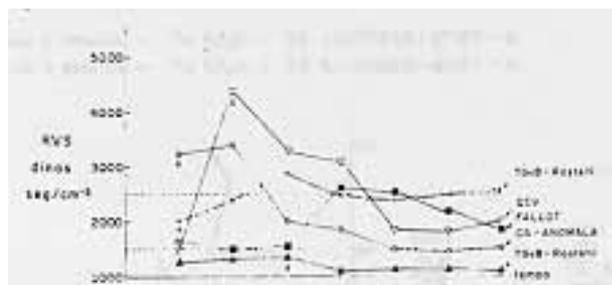


Gráfico 2 -A queda da resistência vascular sistêmica (RVS) durante 12h reflete a melhora do IC . As linhas tracejadas representam os limites da normalidade. As setas correspondem ao início da administração de dopamina e isoproterenol(CIV) .

de Fick, baseada no consumo de oxigênio e técnica da diluição de indicadores. Numerosos indicadores são empregados e, entre esses, o mais conhecido é o verde indocianino (Cardio-green⁽⁹⁾).

Entretanto, por serem de execução mais difícil, principalmente em áreas cirúrgicas e de cuidados intensivos, os corantes e o método de Fick cederam lugar

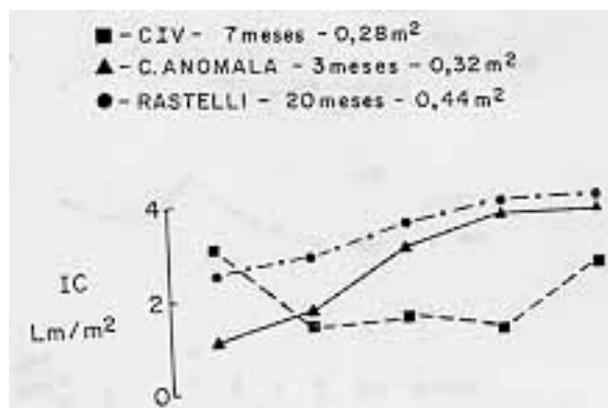


Gráfico 3 -Evolução do IC durante 12h de 3 crianças com diferentes malformações. Em duas crianças (coronária anômala e TGVB), o IC apresentou-se inadequado, já na 1ª . hora pós operatório. Em um caso (CIV), o IC inicialmente normal, tornou-se inadequado, a seguir . O valor limítrofe de 2,0 para o IC foi mantido com drogas inotrópicas.

ao método da termodiluição, no qual o indicador é a “temperatura” mais baixa da solução injetada^{7 8 17}.

Foi Fegler¹⁸, em 1954, que introduziu o método da termodiluição como medida do fluxo sanguíneo. Apesar das investigações laboratoriais subsequentes atestarem sua eficácia, o método ganhou grande importância com o desenvolvimento de cateteres para termodiluição e a padronização da equação de Stewart para processamento em computadores portáteis por Swan e Ganz, em 1972⁷.

Essas determinações do DC por termodiluição dependem de precisa posição de um cateter tipo Swan-Ganz, com. extremidade no tron-

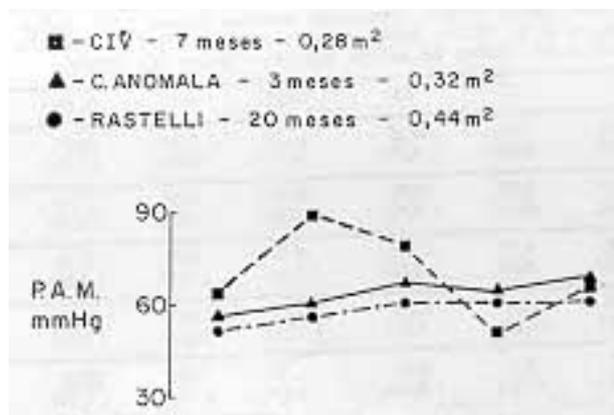


Gráfico 4 - Valores evolutivos da pressão arterial de 3 crianças com diferentes malformações (CIV, anômala e TGVB). Comparar com os respectivos IC do gráfico 3.

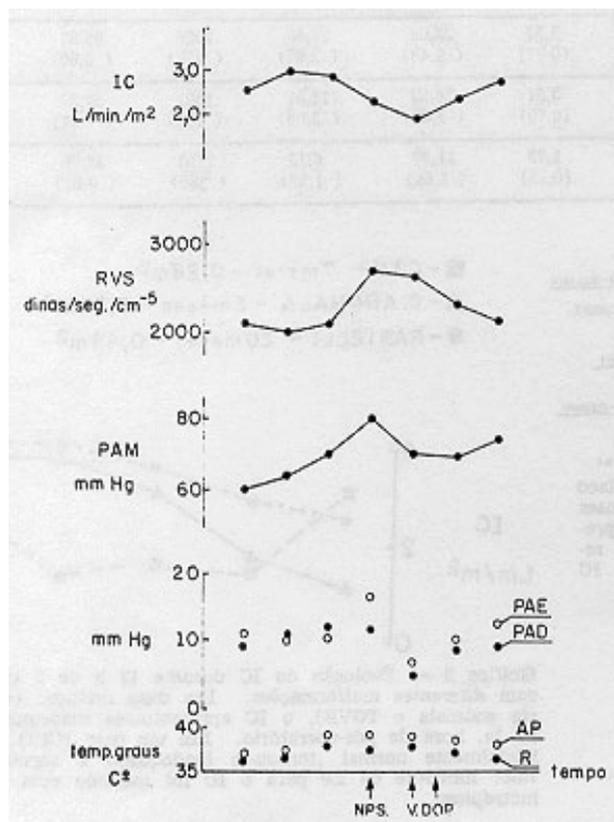


Gráfico 5 - Evolução hemodinâmica em 12h de uma criança submetida à correção de Tetralogia de Fallot. Observa-se, após a 6^a. hora, uma queda progressiva do IC procedendo a queda da PA e a elevação da temperatura sanguínea retal. NPS = nitropussiato de sódio; V = volume - Ringer com albumina; Dop. = dopamina - 5 microgramas / kg; PAE = pressão átrio esquerdo; PAD = pressão átrio direito; (nível = linha médio-torácica).

co da artéria pulmonar (AP), para registro de variações térmicas do sangue¹⁹.

As determinações do DC pela termodiluição apresentam uma correlação altamente significativa com as dos métodos tradicionais de diluição de corantes ou do consumo de oxigênio^{89, 20, 21}.

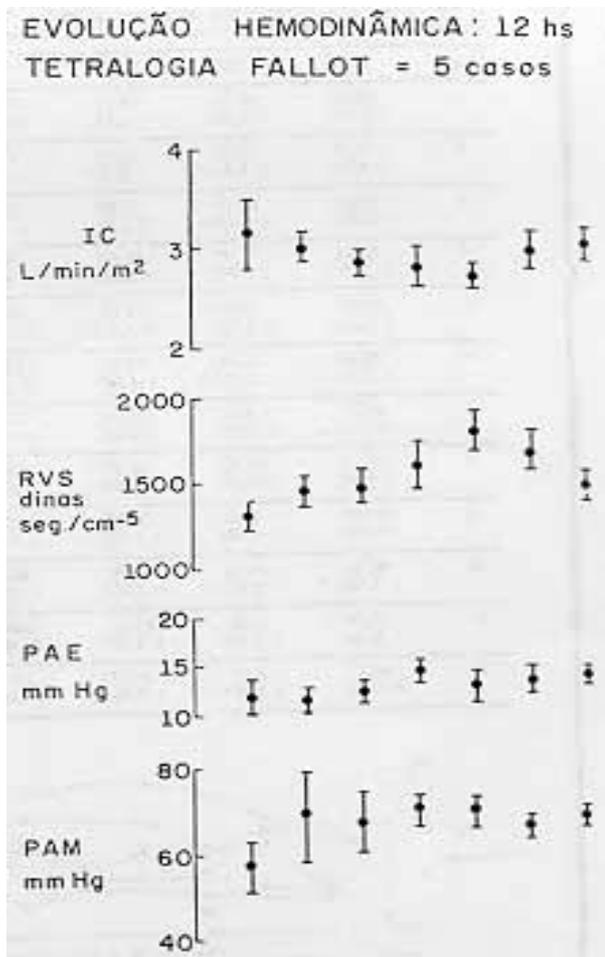


Gráfico 6 -Evolução hemodinâmica em 12h de 5 crianças submetidas à correção de Tetralogia de Fallot. São analisados os valores médios com os respectivos desvios-padrão. PAE= pressão átrio esquerdo (nível médio-torácico).

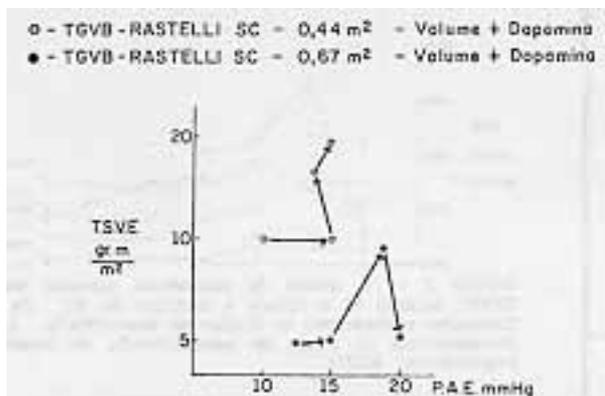


Gráfico 7 - TSVE =índice do trabalho sistólico do ventrículo esquerdo em gramas por m²; Valores normais=20 a 30 /m², dependendo do volume sistólico para a idade e peso corporal; Volume = volume utilizado para corrigir a pressão do átrio esquerdo (AE); Dopamina = utilizada para aumentar a contratilidade. A seta indica a evolução do TSVE de acordo com o tratamento utilizado.

Apesar de vários relatos sobre o sucesso da cateterização da AP à beira do leito em crianças^{22 23}, podem existir dificuldades em sua execução durante o pós-operatório, principalmente em crianças de pequeno porte. Com a re-

monitorização hemodinâmica no pós-operatório



Gráfico 8 –TSVE = trabalho sistólico do ventrículo esquerdo em gramas por m². Adequada do desempenho ventricular, corrigindo-se a pressão de enchimento (PAE) com infusão de volume.

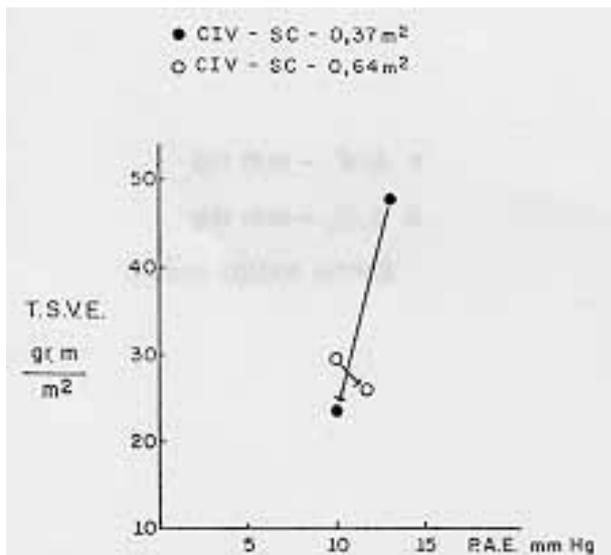


Gráfico 9 - Influência de vasodilatadores (nitroprussiato de sódio) no desempenho ventricular esquerdo em dois casos de CIV. A seta indica o sentido evolutivo (TSVE = trabalho sistólico de ventrículo esquerdo em gramas/m²).

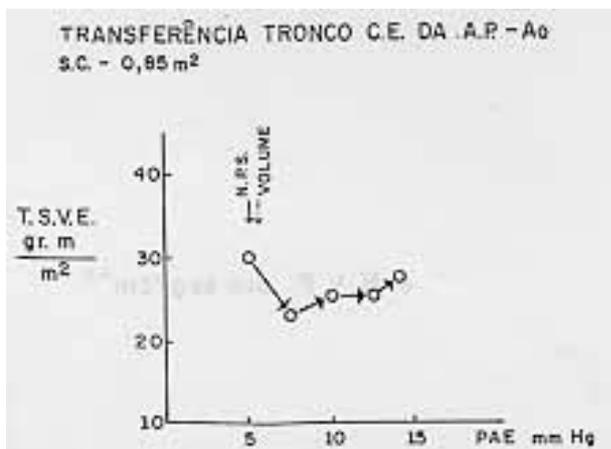


Gráfico 10 –Ação de duas medidas terapêuticas (vasodilatador, nitroprussiato de sódio, 1 a 3 microgramas /Kg e infusão de volume) na evolução do desempenho ventricular esquerdo em um caso de transparência do tronco da coronária esquerda da artéria pulmonar para a aorta.

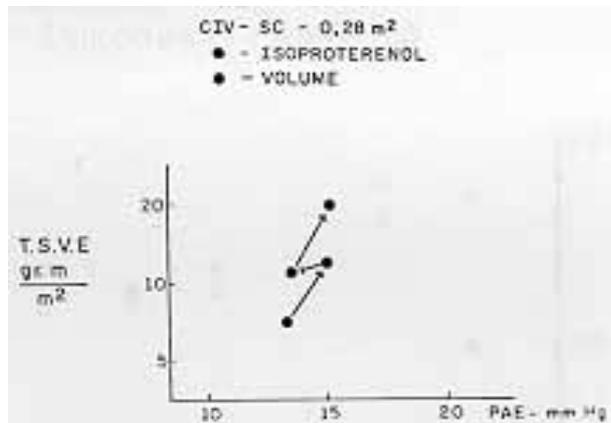


Gráfico 11 –Efeitos de uma droga inotrópica (isoproterenol) e infusão de volume, no desempenho ventricular esquerdo em um caso de CIV . TSVE = trabalho sistólico de ventrículo esquerdo normalizado para superfície corporal.

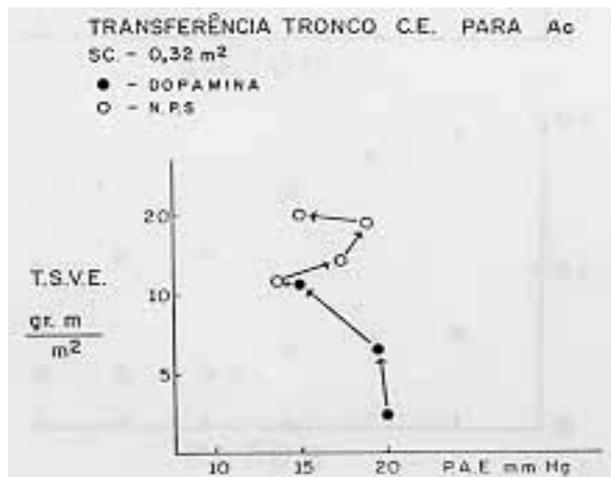


Gráfico 12 –Efeitos da associação de droga inotrópica (Dopamina) e um vasodilatador (nitroprussiato de sódio) na função ventricular esquerda durante o pós-operatório imediato de transferência do tronco da coronária esquerda da artéria pulmonar para a aorta.

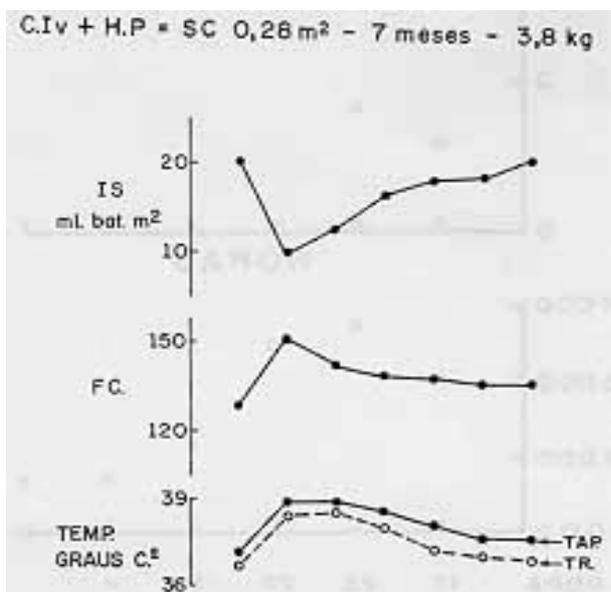


Gráfico 13-Observa-se a queda do índice sistólico precedendo a elevação da temperatura na artéria pulmonar (TAP) e temperatura retal (TR). A elevação da frequência cardíaca é decorrente da temperatura.

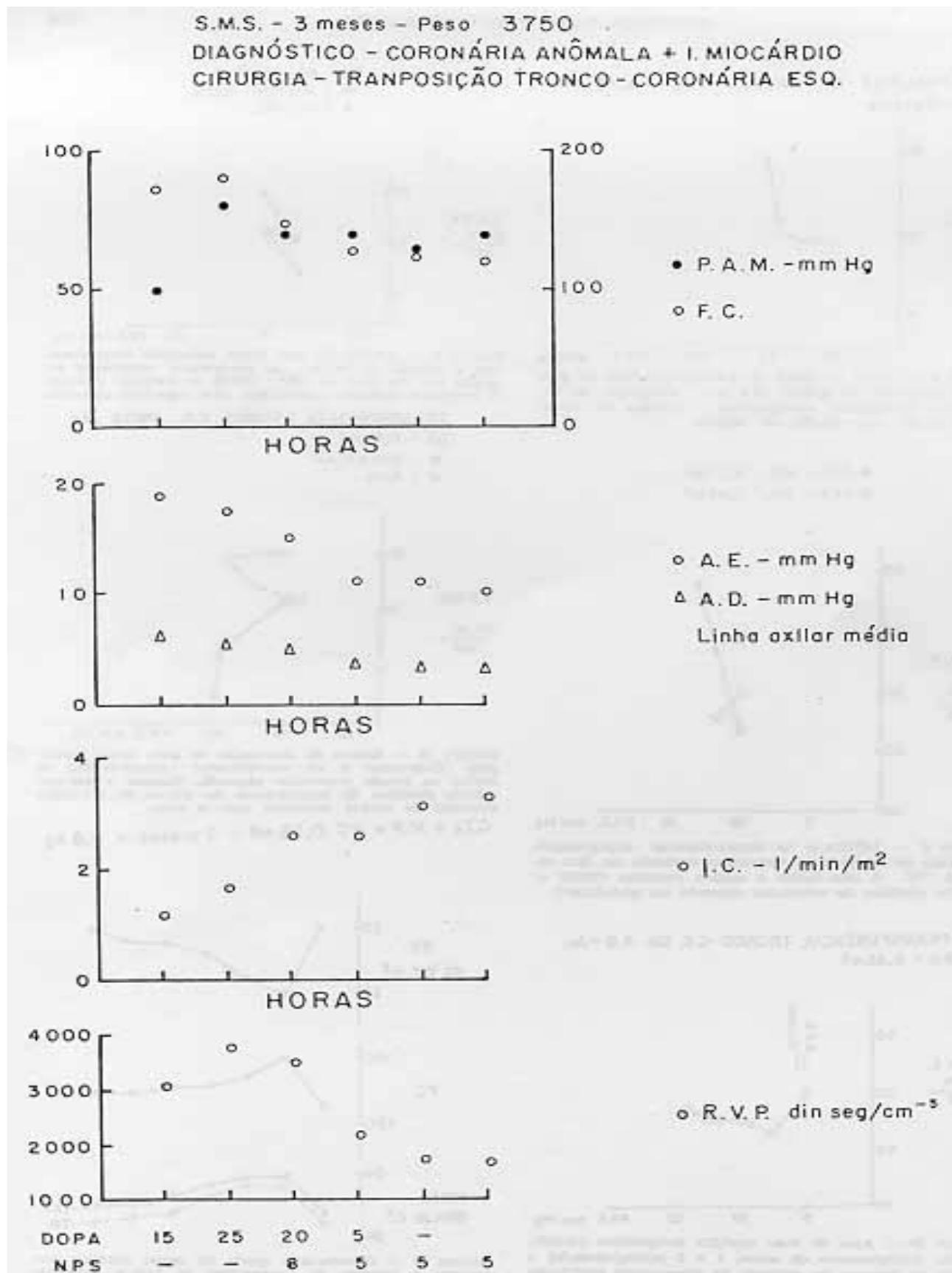


Gráfico 14 - Evolução hemodinâmica em 12 h de um caso de transferência do tronco da coronária esquerda para a aorta em uma criança com infarto do miocárdio extenso, em parede anterior. Observa-se a ação da dopamina, elevando IC (índice cardíaco), em dose de 5 a 25 microgramas/Kg. A queda da RVP (resistência vascular periférica) foi possível com a infusão de NPS (nitroprussiato de sódio), em doses de 5 a 8 microgramas/Kg.

cente introdução de cateteres sem luz (“Probes”) para a termodiluição, essa eventual necessidade de cateterização à beira do leito pode ser evitada, colocando-se o referido cateter na AP no período operatório, juntamente com cateteres atriais. Obedecendo à rigorosa técnica de execução, as determinações de DC com esse cateter sem luz (2,5F) demonstram excelente correlação com as determinações obtidas através dos métodos de Fick e dos corantes, especialmente em situações de baixo fluxo, como ocorre em crianças²⁴⁻²⁹. Os mesmos resultados foram observados ao se compararem os valores de DC com os obtidos com cateter de Swan-Ganz 7F em pacientes adultos¹⁶.

Em nosso estudo, determinamos 252 vezes o DC por termodiluição. Como medidas foram feitas em triplicada, considerou-se um valor médio para cada série, totalizando 84 valores. Durante cada série de 3 injeções, desprezaram-se os valores de DC que diferiram entre si mais do que 10%. No quadro I, estão expressos a média e desvio-padrão do IC, que correspondem a 7 determinações para cada caso num total de 12 casos.

O DC foi relacionado com a superfície corporal, obtendo-se o IC em l/min/m². O maior valor do IC foi 5 e o menor, 1,20. Dentre os 84 valores de IC, 12 foram inferiores a 2 l/min/m², dos quais 7 ocorreram durante a evolução de um paciente (caso 12, quadro II), que apresentou, também, hipotensão arterial em todas as determinações. Apesar da terapêutica, o IC permaneceu inferior a 2 l/min/m², até o óbito (gráficos 3 e 4).

No caso 9, observou-se, inicialmente, IC < 2 e hipotensão arterial. Na determinação subsequente (gráfico 14), o IC, ainda < 2, associou-se a um valor normal da pressão arterial.

Quadro II - Idade, sexo, peso, superfície corporal e cardiopatia congênita nos 12 pacientes monitorizados.

Casos	Idade	Sexo	Peso	Superfície corporal	Lesão
1	7 m	M	4,500	0,28 m ²	CIV
2	36 m	F	10,000	0,64 m ²	CIV
3	11 m	M	4,000	0,37 m ²	CIV
4	24 m	M	13,500	0,55 m ²	Fallot
5	12 m	F	7,650	0,42 m ²	Fallot
6	18 m	F	7,450	0,41 m ²	Fallot
7	12 m	F	6,500	0,43 m ²	Fallot
8	48 m	M	13,500	0,70 m ²	Fallot
9	3 m	F	3,750	0,32 m ²	C. Esq. A.
10	60 m	M	18,000	0,85 m ²	C. Esq. A.
11	24 m	F	8,500	0,44 m ²	TGVB
12	36 m	M	11,000	0,67 m ²	TGVB

No caso 1, observou-se, em uma determinação IC inferior a 2 e hipotensão arterial e, em 2 subsequentes, hipertensão arterial com IC inferior a 2. Portanto, em 12 determinações com IC inferior a 2, observou-se hipotensão 8 vezes hipertensão 2 vezes e pressão arterial normal, 1 vez.

Além desses 3 casos, outros 2 necessitaram de dopamina para adequação do IC. No caso 11, apesar de o IC ser superior a 2, ocorreu oligúria, mesmo na vigência de pressão arterial normal. O volume urinário satisfatório só ocorreu quando o IC se elevou de 1 litro em relação ao inicial, sem mudanças no valor da pressão arterial. No caso 5, observou-se queda do IC para 2, na 8a. hora do pós-operatório, na vigência de pressão arterial normal. O

quadro de oligúria e sonolência que surgiu teve remissão quando o IC se elevou com a administração de dopamina (gráfico 5).

Nestes 5 casos, que necessitaram de drogas inotrópicas, com exceção de 1, o IC elevou-se favoravelmente com dopamina, na dose de 5 a 25 microgramas por kg (gráficos 3, 4 e 5).

O IC e a PAM compõem a fórmula para o cálculo da RVS.

No quadro I estão os valores da RVS dos 12 casos num período evolutivo de 12 h. Valores de RVS acima de 2.000 estão associados com IC < 2 (caso 12) e entre 2 e 2,5 (casos 1 e 9).

O determinante da RVS elevada no caso 10 foi a hipertensão arterial, já que o IC foi superior a 3 l/min/m².

Nos gráficos 1 e 2, observa-se a evolução da RVS em 5 crianças que necessitaram dopamina (5 a 25 microgramas/kg) para adequação do IC, exceto no caso 12, em que IC permaneceu baixo e a RVS se manteve elevada. Nesses casos, a dose média de dopamina situou-se abaixo de 10 microgramas/kg e a elevação da pressão arterial foi proporcionalmente menor do que a elevação do IC, o que explica a queda da RVS.

No gráfico 14, com dose de 25 microgramas/kg de dopamina, observa-se o aumento da RVS, já que predominou o aumento da PAM sobre o do IC. Em outro estudo, os autores encontraram elevação não significativa da RVS com doses semelhantes de dopamina³⁰.

A correta reposição do volume é importante na manutenção do IC e, para isso, utilizaram-se as pressões do AE e AD. A pressão arterial ótima depende do tipo de operação e do estado funcional do miocárdio. Em geral, a PAD entre 8 a 10 mmHg e a PAE entre 10 e 15 mmHg foram adequadas, como em outros estudos².

Nas intervenções em que a PAD poderia influenciar o IC (TF e Rastelli), a máxima reposição de volume permitida foi guiada pela PAE, não se ultrapassando o valor de 15 mmHg. Das 12 vezes em que o IC foi inferior a 2, a PAE situou-se entre 13 e 19 mmHg e acima de 15 mmHg em 4 vezes (caso 9, 12) (gráfico 14), o que afasta hipovolemia como causa principal de IC inadequado.

Relacionando-se o TSVE e PAE, construíram-se curvas de função ventricular para análise de terapêutica empregada.

Pela análise dos gráficos 7 a 11, observa-se melhor desempenho cardíaco, após adequação da RVS, aumento da contratilidade miocárdica e correção das pressões de enchimento ventricular.

A monitorização contínua da temperatura retal e sanguínea na AP (cateter de termodiluição) é fundamental para a preservação adequada do IC. Elevações térmicas acentuadas determinam taquicardia, redução do volume sistólico (VS) e aumento do consumo de oxigênio. Em alguns casos não relacionados neste trabalho, observamos sinais clínicos de baixo débito cardíaco associados à hipertemia acen-

tuada, em torno de 40°C. Neste trabalho, observaram-se temperaturas retal e do sangue na AP normais ou elevadas, com IC adequado. Entretanto, no caso 12, as mesmas foram persistentemente elevadas, acompanhando o IC menor do que 2. No gráfico 13, observa-se que a queda do IS precedeu a elevação das temperaturas retal e sangüínea, que se normalizaram com a adequação do mesmo (caso 1).

O procedimento básico da monitorização hemodinâmica proposta neste estudo é a determinação do DC. Uma técnica rigorosa deve ser adotada em sua determinação, pois, resultados falsos podem levar a interpretações hemodinâmicas incorretas, com prejuízo na terapêutica.

Uma análise crítica da determinação do DC pela termodiluição foge de nossos objetivos. Apesar de o método oferecer as vantagens da calibração automática de computadores portáteis, uso de líquido fisiológico como indicador com recirculação insignificante, permitindo sucessivas determinações a curtos intervalos, algumas considerações devem ser feitas, a partir da equação para a termodiluição:

Vi (volume do injetado) deve ser rigorosamente igual, em cada determinação. Apesar de o computador estar

$$DC = \frac{1,08 (60) \dot{C}_t V_i (T_s - T_i)}{1,22 \int_0^t \Delta T_s (t) dt}$$

programado para operar com Vi de até 0,5 ml (específicos para crianças), com tais valores a margem de erro na determinação do BC cresce muito, em decorrência da variação excessiva da temperatura do injetado, além do próprio volume do cateter, que funciona como espaço morto²⁶. Portanto, utilizamos um volume maior (cerca de 5 ml) para maior segurança na determinação do DC, mesmo que o cateter utilizado contasse com volume de 0,157 ml.

Ts (temperatura do sangue), fornecida pelo sensor térmico do cateter (2,5F), pode variar entre 27 a 42°C. Alguns estudos^{33 35} revelaram que a injeção feita em um mesmo período do ciclo respiratório conduz a menores erros, uma vez que a variação da temperatura do sangue durante a inspiração e expiração tem que ser considerada.

Ti (temperatura do injetado) é fundamental na precisão das determinações do DC, pois a partir de seu valor é estabelecida uma constante que faz parte da fórmula da termodiluição. Entre 0 e 1°C, a constante, para 5 ml do injetado, é 0,927. Para maior exatidão, a extremidade do termômetro, neste estudo, foi mantida dentro de uma das seringas, ao invés de ser colocada no líquido do banho.

1,08 = relação já esclarecida anteriormente.

Como ocorre um ganho de calor pelo líquido injetado, desde o ponto inicial até seu registro pelo sensor térmico na AP, faz-se a compensação desse ganho através de um fator de correção (Ct). Uma das maiores fontes de erros na determinação do DC pela termodiluição é exatamente essa variação térmica ocorrida durante a injeção³⁴.

Levett e col.³⁵, revendo o assunto, chamam atenção para vários aspectos que não podem ser compensados por Ct:

espaço morto do cateter, segmento intravascular e componente físico do mesmo, aquecimento do líquido injetado após a retirada da seringa do banho, velocidade da injeção, localização distal da extremidade do cateter, diferentes temperaturas do líquido (ambiente ou resfriada), etc.

Entretanto, o erro cometido poderá ser insignificante quando comparado ao de outros métodos de determinação do DC, desde que se injete rapidamente, mantendo sempre constante a temperatura do volume do injetado, inclusive com a extremidade do cateter na veia cava superior ou inferior, desde que próxima do AD.

A utilização de Ct adequada para determinado tipo de cateter para outros diferentes pode determinar erros importantes³⁶. O cateter 2,5F vem acompanhado de um cateter 3,5F para injeção cujo Ct é pré-calculado.

Em nossos estudos, utilizamos um cateter do mesmo material, porém, de menor volume (0,157) que o preconizado, o qual apresenta 0,325 ml de volume. Esse erro pode ser considerado insignificante quando comparado a outros erros inerentes ao método³⁵.

$\Delta T_s (t)$ é a expressão que corresponde à variação térmica do sangue, em função do tempo a partir do momento da injeção, até o retorno da temperatura à linha de base. Essa variação é processada pelo computador a partir do momento da injeção sendo os erros ocasionados pelos fatores anteriormente descritos, notadamente o ganho de calor pelo líquido durante a injeção.

A recirculação do soro glicosado a 5% injetado, embora considerada desprezível^{7 8,17,35} não é levada em conta, já que ocorre um corte automático pelo computador na curva de variação térmica a 30% após o seu pico máximo. O restante da curva é compensado através de um fator de correção igual a 1,22.

Um dos problemas específicos do método para determinação do DC após correção de cardiopatias congênitas é a presença de “shunts” intracardíacos residuais. A presença de CIV com “shunt” esquerda-direita (ED) ocasiona elevação do IC. Como a técnica mede o fluxo sangüíneo pulmonar, uma quantidade adicional de sangue a partir do VE “aqueceria” o indicador, causando essa elevação.

Suspeitando-se de “shunt” DE residual, o mesmo pode ser determinado quantitativamente, através de um método descrito recentemente³⁷, no qual as injeções são feitas no AD, AE e registradas na AP pelo cateter de termodiluição 2,5F.

O método adotado para monitorização hemodinâmica mostrou ser eficiente e seguro, entretanto, essa técnica para determinação do DC com dois cateteres, o núcleo da monitorização utilizada, requer mais investigações³⁸.

Summary

Adequate knowledge of cardiovascular function following correction of congenital anomalies is fundamental for appropriate therapeutic proposes. In this study we propose a method for hemodynamic monitoring which

includes measurements of atrial pressures (LA, RA), cardiac output (CO), arterial pressures (AP), heart rate (HR), body temperature and urinary volume.

Monitoring of these parameters was utilized in 12 children with a mean age of 24 ± 17 (SD) months. Main indications for monitoring were: low weight and age, need of positive inotropic drugs when coming off the pump, complex cardiac defects, complex surgery and cardiac or respiratory failure.

Hemodynamic data in 12 hours are show in table II. Results of therapeutic interventions were analyzed using ventricular function curves; additional hemodynamic variables were also analyzed separately. Cardiac output was obtained by thermodilution and aspect of cardiac output methodology are discussed.

In conclusion, this approach proved to be safe and reproducible and allowed significant information relative to therapeutic decisions.

Referências

- Holbrook, P. R. - Care of critically ill child. In: Shoemaker, W. C.; Thompson, W. L., ed. - Critical Care. State of the Heart. Society of Critical Care Medicine, Fullerton, 1980. vl. 1, I(R): 1 - I(R): 49.
- Sade, R. M.; Cosgrove, D. M.; Castañeda, A. R. -Low cardiac output state. In: Sade, R. M., Cosgrove, D. M.; Castañeda, A. R., ed. - Infant & Child Care in Heart Surgery. Year Book Medical Published, Chicago, 1971 p. 92.
- Edmonds, J. F.; Barker, G. A.; Conn, A. W. -Current concepts in cardiovascular monitoring in children. Critical Care Medicine, 8: .548, 1980.
- Midgley, F. M. - Recent advances in the postoperative care of the pediatric cardiac surgical patient. Critical Care Medicine, 8: 559, 1980.
- Auler Jr., J. O. C.; Silva Jr., E. F.; Souza, J. H. G.; Timoner, J. - Cateterização percutânea da veia jugular interna. Rev. Bras. Anest. 30: 225, 1980.
- Romano, A.; Niguidula, F. N. - Technique of intraoperative placement of the thermodilution catheter of cardiac output measurement in children. Cardiovasc. Surg. 21. 267, 1980.
- Ganz, W., Swan, H. J. C. - Measurement of blood flow by thermodilution. Am. J. Cardiol. 29: 241, 1972.
- Forrester, J. S.; Ganz, W.; Diamond, G.; McHug, T.; Chonette, D. W., Swan, H. J. C. - Thermodilution cardiac output determination with a single flow direct catheter. Am. Heart J. 83: 306. 1972.
- Ganz . W.; Donoso, R.; Marcus, S. H.; Forrester, S. J., Swan. H. J. C. - A new technique for measurement of cardiac output by thermodilution in man. Am. J. Cardiol. 27: 392, 1971.
- Strandness, E. - Measurement of blood flow. In: Strandness, E.; Sumner, E. Hemodynamics for Surgeons, Grune & Stratton, New York, 1975. cap. 3. p. 31.
- Kaplan, J. A. - Hemodynamic monitoring. In: Kaplan, J. A. - Cardiac Anesthesia, Grune & Stratton, New York, 1979, p. 71-115.
- Parr, G. V. S.; Blackstone, E. H.; Kirklin, J. W. -Cardiac performance and mortality early after intracardiac surgery in infants and young children. Circulation, 51: 867. 1975.
- Kohanna, F. H., Cunningham, J. N. Jr.; Catinella, F. P.; Adams, P. X.; Nathan, I. M., Pasternack, B. S. - Cardiac output determination after cardiac operation. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 29: 904, 1981.
- Moodie, D. S.; Feldt, R. H.; Kaye, M. P., Danielson, G. K., Pluth, J.; O'Fallon, M. - Measurement of postoperative cardiac output by thermodilution in pediatric and adult patients. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 78: 796, 1979.
- Alfieri, O.; Subramanian, S. - Cardiac output determination in infants and small children after open intracardiac operations. Ann. Thorac. Surg. 19: 322, 1975.
- MoCornick, J. R.; Dobnick, D. B.; Mieszala. J.R.; Berger, R. L. - Simple method for measurement of cardiac output by thermodilution after cardiac operation. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 78: 792,1979.
- Grossman, W. - Blood flow measurement the cardiac output, hemodynamic principles. In: Grossman W., ed. Cardiac Catheterization and Angiography, 2 ed, Lea Febiger, Boston, 1980. p. 89.
- Fegler, G. - Measurement of cardiac output in anesthetized animals by a thermodilution method. J. Exp Physiol. 39: 153, 1954.
- Ganz, W.; Swan, H. J. C. - Balloon-tipped flow,. directed catheters, techniques of cardiac catheterization. In: Grossman, W., ed. - Cardiac Catheterization and Angiography, 2. ed., Lea Febiger, Boston, 1980. p 78.
- Sorensen, M. B.; Bille Brahe, N. E.; Engell, H. C. -Cardiac output measurement by thermal dilution reproducibility and comparison with dye-dilution technique. Ann. Surg. 183: 67, 1975.
- Kohanna, F. H.; Cunningham, J. N. Jr. - Monitoring of cardiac output by thermodilution after open-heart. surgery. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 73: 451. 1977.
- Pollack, M. M.; Reed, T. P.; Holbrook, P. R.; Fields, A. J. - Bedside pulmonary artery catheterization in pediatrics. J. Ped. 96: 272, 1980.
- Todres, I. D.; Crone, R. K.; Rogers, M. C., Shannon. D. C. - Swan-Ganz catheterization in the critically ill newborn. Crit. Care. Med. 7: 330, 1979.
- Rogers, M. C.; Nugent, S. K.; Pickard, L. R.; Roland, J. M.; Shermeta, D. W. Experimental evaluation of 2F transthoracic thermodilution cardiac outputs in small animals. Crit. Care Med. 7 171. 1979.
- Wyse, S. D.; Pfitzner, J.; Rees, A.; Lincoln, J. C.: Branthwhite, M. A. - Measurement of cardiac output by thermodilution in infants and children. Thorax. 30: 262, 1975.
- Weitzel, R. C.; Rogers, M. C. - Pediatric hemodynamic monitoring In Shoemaker. W. C.; Thompson W. L., ed. - Critical Care State of the Art. Society of Critical Care Medicine. Fullerton, 1981. v. 2 II(L) p. 1-II(L): 78.
- Moodie, D. S. - Measurement of cardiac Output by thermodilution in pediatric patients. Pediatric Clinics of North America, 27: 513, 1980.
- Moodie, D. S.; Feldt, R. N.; Kaye, M. P.; Strelow. D. A.; Vander Hagen, L. J. - Measurement of cardiac output by thermodilution. Development of accurate measurement at flows applicable to the pediatric Patient. J. Surg. Res. 25: 305. 1978.
- Calaghan, M. L.; Weintraub, W. H., Coran, A. G. -Assessment of thermodilution cardiac output in small subjects. J. Ped. Surg. 1. 629. 1976.
- Lang, P.; Williams, R. G.; Norwood, W. I.; Castneda, A. R. - The hemodynamic effects of dopamine in infants after corrective cardiac surgery. J. Ped 96: 630. 1980.
- Stephenson, L. W.; Edmunds. H. Jr.; Raphaely. R.; Morrison, D. F.; Hoffman, S. W. Rubis, L. J. - Effects of nitroprusside and dopamine on pulmonary arterial vasculature in children after cardiac surgery. Circulation, 60 (suppl. 1): 1-104. 1979.
- Appelbaum, A.; Blackstope, E. H.; Kouchoukos, N. T.; Kirklin. J. W. - Afterload reduction and cardiac output in infants early after intracardiac surgery. Am Cardiol. 39: 445. 1977.
- Woods, M.; Scott, R. N., Harken, A. H. - Pratical considerations for the use of a pulmonary artery thermistor catheter. Surgery. 79: 469. 1976.
- Runciman, W. B.; Ilsley, A. H., Roberts, F. G. Themodilution cardiac output. A systematic error. Anaesth. Intens. Care, 9: 135. 1981.
- Levett, J. M.; Replogie, R. L. - Current research review. Thermodilution cardiac output: a critical analysis and review of the literature. J. Surg. Res. 27.; 392. 1979.
- Baskoff, J. D.; Maruschak. G. F. - Correction factor for thermololution determination of cardiac output children. Crit. Care Med. 9: 870. 1982
- Sade, R. M.; Richi. A. A., Dearing, J. P. - Calculation of systemic blood flow with pulmonary thermistor probe. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 78: 576. 1979.
- Maruschak, G. F.; Potter, A. M.; Schauble, J. F.; Rogers, M. C. Overestimation of pediatric cardiac output by thermal indicator loss. Circulation. 65: 380. 1982.