

João R. Sant'Anna *
José F. Biscegli **
Fernando A. Lucchese *
Renato K. Kalil *
Paulo R. Prates *
Ivo A. Nesralla *

DISSOCIAÇÃO DA PERFUSÃO SISTÊMICA E CARDÍACA PARA CIRURGIAS DO CORAÇÃO

Visando a facilitar a avaliação funcional transoperatória do coração e reduzir o tempo de isquemia miocárdica em procedimentos cirúrgicos específicos, a perfusão cardíaca e a sistêmica foram dissociadas, com auxílio de 2 sistemas independentes: circulação extracorpórea de rotina para perfusão sistêmica e perfusão do coração com sangue retirado do reservatório do oxigenador, por um circuito composto por bomba de roletes, termo-permutador individual e linhas de PVC, através de cânula colocada no segmento aórtico proximal à pinça na aorta fechada. A temperatura desse perfusato foi mantida em 37°C com auxílio do permutador e a pressão de perfusão continuamente monitorizada. Terminada a fase de avaliação, solução cardioplégica hipotérmica foi infundida na aorta proximal e a correção intracardiaca realizada. Quando necessário, a correção foi avaliada com o sistema.

A aplicação dessa técnica em 6 pacientes (persistência do canal atrioventricular em 4, comunicação interventricular em 1 e doença valvar mitral em 1) possibilitou estudo adequado da doença, com vistas à correção cirúrgica e redução do período de isquemia miocárdica. Acreditamos que possa não apenas ser empregada durante a correção de defeitos comprometendo as válvulas atrioventriculares, como também nas situações que necessitem pinçamento aórtico precoce, mas em que o coração não vá ser prontamente abordado (fechamento de "shunts" tipo Waterston-Cooley, estenose de ramo pulmonar posterior à aorta ascendente, "truncus arteriosus" tipo II).

O reconhecimento de importantes aspectos da fisiologia da circulação extracorpórea e o desenvolvimento de técnicas de preservação miocárdica possibilitaram significativa redução da mortalidade em operações cardíacas complexas¹. Entre as medidas rotineiramente aplicadas, incluem-se as técnicas de preservação do organismo (drogas, hipotermia associada ou parada circulatória^{2,3}, fluxos fisiológicos⁴⁻⁶, sistemas de hemofiltração⁷, oxigenadores de membrana⁸) e do coração (perfusão coronária⁹, hipotermia seletiva¹⁰ ou infusão de soluções cardioplégicas,¹¹).

Contudo, em alguns procedimentos cirúrgicos, a rápida redução da temperatura sistêmica pela perfusão pode comprometer a manutenção temporária da função cardíaca em virtude do esfriamento do coração, dificultando estudos anátomo-funcionais ou eletrofisiológicos, por vezes necessários à correção. O risco de se

abrirem as câmaras cardíacas sem pinçamento aórtico e com o coração em atividade também limita a avaliação no decorrer da operação.

O emprego de um sistema de perfusão cardíaca individualizado poderia evitar esfriamento abrupto do coração, minimizar o risco de embolia aérea e possibilitar a avaliação anatômica e funcional do coração, enquanto o esfriamento ou baixo fluxo sistêmico é utilizado rotineiramente. Tal técnica deve ser de aplicação simples e não invalidar o uso de medidas de preservação cardíaca, uma vez concluída a fase de avaliação, para que a correção cirúrgica possa ser adequadamente realizada.

Nosso objetivo é apresentar uma técnica reproduzível de dissociação da perfusão sistêmica e cardíaca para emprego nas operações em que a avaliação anatômica e funcional do coração seja importante e revisar alguns conceitos básicos envolvidos em sua aplicação.

*Serviço de Cirurgia Cardiovascular - Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul (Fundação Universitária de Cardiologia).

**Engenheiro Biomédico e Chefe da Seção de Tecnologia Aplicada à Cardiologia (Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia - SP).

MATERIAL E MÉTODOS

No período de julho a setembro de 1982, a dissociação da perfusão cardíaca e sistêmica foi utilizada em 6 pacientes. No quadro I, estão os dados

Quadro I - Idade, peso, diagnóstico dos 6 pacientes submetidos à correção cirúrgica com dissociação de perfusão sistêmica e cardíaca.

N.º	Idade (anos)	Peso (Kg)	Diagnóstico	Operação	Tempo de perfusão (min)		Avaliação
					Cardíaca	Sistêmica	
1	54	39	EPM + IT	Plastia M + T	45	52	Adequada
2	2	10	PCAV	Correção	7	79	Regular
3	6	17	CIV	Correção	3	50	Adequada
4	4	11	PCAV	Correção	8	45	Adequada
5	3	11	PCAV	Correção	10 + 2*	103	Adequada
6	3	10	PCAV	Correção	9 + 1*	68	Adequada

EMP: estenose mitral pura; IT: insuficiência tricúspide; PCAV: persistência do canal atrioventricular comum; CIV: comunicação inter-ventricular. * O segundo valor se refere à utilização da perfusão cardíaca para avaliar a correção cirúrgica.

com oxigenador convencional, foi empregado nosso sistema.

Visando a assegurar a perfusão cardíaca normotérmica individualizada, foi desenvolvido um sistema composto por: circuito com tubo de cloreto de polivinil (PVC) com diâmetro de 1/8 de polegada e 2,80 m de extensão, capaz de conduzir o sangue do reservatório arterial do oxigenador até a aorta do paciente, no qual foi interposto tubo de "tygon" com 3/8 de polegada de diâmetro e 0,40 m (para uso na bomba de roletes); um termo-permutador semidescartável, de fluxo laminar, de única passagem, capaz de efetuar a troca térmica por difusão, através do corpo central do aço "inox"; 2 conectores em Y (1/8, 1/8, 1/8 de polegadas), sendo um utilizado na derivação do sangue para o reservatório arterial no período prévio à perfusão aórtica e outro, para ingresso da solução cardioplégica, habitualmente empregada após a perfusão cardíaca com sangue; módulo de circulação extracorpórea, constituído por bomba de roletes e bomba de água, acoplado a um tanque contendo aquecedor e termostato regulado para temperatura de 37°C (fig. 1).

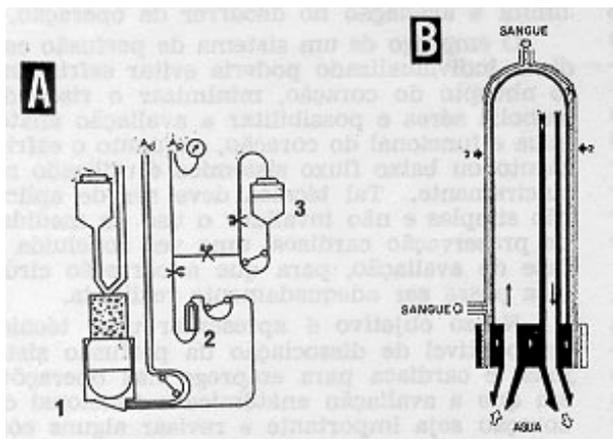


Fig. 1 - Em A, representação esquemática dos circuitos de perfusão: 1 - circulação extracorpórea convencional com oxigenador de bolhas; 2 - sistema de perfusão cardíaca; 3 - sistema para cardioplegia cristalóide. A: cânula distal ao pinçamento da aorta descendente. Ap: cânula proximal ao pinçamento da aorta descendente. Em B, termopermutador semidescartável desenvolvido para uso do sistema de perfusão cardíaca: 1 - componente metálico; 2 - componente externo descartável.

dos pacientes, o diagnóstico e a operação indicada em cada caso.

Nesses pacientes selecionados, rotineiramente submetidos à operação com circulação extracorpórea hipotérmica (32 a 24°C de temperatura nasofaríngea)

O volume necessário para enchimento do circuito foi, aproximadamente, 50 ml após a disposição das linhas usadas na operação, correspondendo a 7% de volume de enchimento por nós utilizado em oxigenadores infantis, 5% de oxigenadores pediátricos e 3% de oxigenadores adultos¹².

Enquanto era realizada a toracotomia e imediatamente após o enchimento do oxigenador, o líquido para perfusão foi aspirado para o circuito, o ar removido em circulação fechada (incluindo a passagem daquele líquido pelo reservatório de cardioplegia e oxigenador) mantida até o momento da perfusão cardíaca.

Seguindo-se à introdução da cânula na aorta ascendente, o mais distalmente possível do coração, e o estabelecimento de circulação extracorpórea normotérmica com fluxos de 2,2 a 2,4 l/min/m² de superfície corporal, uma cânula 12 "french" foi ligada ao sistema de perfusão, introduzida na aorta proximal e fixada por sutura em "bolsa", com fio de polipropileno 4-0. Uma agulha 12 foi introduzida junto à cânula para controle da pressão de líquido de perfusão cardíaca, através de transdutor de pressão (Bentley Trantec) e monitor (Funbec 4-1 PD). A distância entre as cânulas aórticas distal (perfusão sistêmica) e proximal (perfusão cardíaca) possibilitou sempre a colocação da pinça aórtica (fig. 2).

Após a introdução da cânula e a monitorização da pressão no segmento aórtico proximal, a aorta foi pinçada e a perfusão cardíaca iniciada pelo sistema descrito, com fluxo capaz de manter uma pressão de perfusão entre 80 e 120 mm Hg. O paciente foi, então, esfriado pela redução da temperatura do líquido de perfusão através do termo-permutador do oxigenador, enquanto o coração com temperatura normal e com batimentos normais era livremente abordado para avaliação anatômica e funcional.

O estudo do coração foi qualificado subjetivamente pelo cirurgião, conforme os seguintes critérios: adequado (satisfatórias identificações das estruturas cardíacas e compreensão de sua função, com vistas à correção cirúrgica); regular (estruturas cardíacas identificadas e batimentos deprimidos) e inadequado (impossibilidade de visibilizar satisfatoriamente as es-

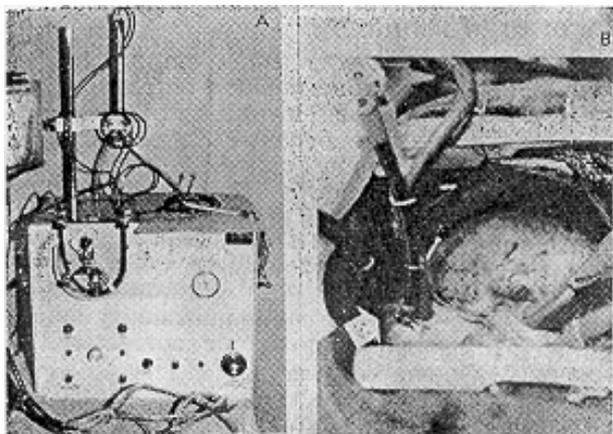


Fig. 2 - Em A, dispositivo de perfusão cardíaca completo. Em B, posição das cânulas aórticas para perfusão cardíaca e sistêmica em paciente de 11 kg. A seta indica o local de pinçamento da aorta.

truturas cardíacas ou obter batimentos do coração). Nessa última circunstância, existiria a opção de prosseguir o procedimento cirúrgico, sem auxílio do sistema de perfusão cardíaca.

Após a avaliação cardíaca, a perfusão normotérmica foi suspensa e solução cardioplégica hipotérmica infundida na extremidade proximal do circuito. A correção intracardíaca foi efetuada nas condições habituais e, ao término do procedimento, a cânula aórtica proximal possibilitou a aspiração de ar do coração sem a necessidade de nova aortotomia. Quando indicado, a atividade cardíaca foi recuperada com auxílio do sistema e a correção cirúrgica avaliada antes do fechamento de câmaras cardíacas.

RESULTADOS

A avaliação anátomo-funcional do coração foi considerada adequada em 5 pacientes e, em 1, os batimentos cardíacos foram deprimidos no início da circulação extracorpórea e, assim, mantiveram-se mesmo durante a perfusão cardíaca normotérmica dissociada após o pinçamento da aorta. Nesse paciente, foi possível realizar estudo anatômico, mas não funcional do defeito intracardíaco (avaliação regular).

Não houve dificuldades quanto ao preparo e aplicação da técnica de perfusão cardíaca e não ocorreram complicações, durante ou após a operação, a ela atribuíveis.

A evolução dos pacientes após a operação, quanto ao desempenho cardiovascular, foi considerada satisfatória, exceto a da paciente n.º 1, portadora de lesão mitral e tricúspide de causa reumática (classe IV da New York Heart Association) que faleceu no 4.º dia após a operação, por insuficiência respiratória.

DISCUSSÃO

O conceito de perfusão miocárdica independente da perfusão sistêmica não é novo e seu emprego durante operações cardíacas pode ser visto em técnicas como a perfusão de óstios coronários com sangue oxigenado (inicialmente utilizada em procedimentos de substituição da valva aórtica^{9,13}) ou a infusão de soluções cardioplégicas hipotérmicas (método corrente de preservação miocárdica durante a operação¹¹).

Freqüentemente, tais procedimentos envolvendo sistemas individualizados de perfusão (bomba de roletes, tubos de PVC, termopermutador, reservatório, filtros e manômetro de pressão), vêm sendo empregados para minimizar o dano isquêmico do miocárdio conseqüente ao pinçamento aórtico.

Embora a cardioplegia hipotérmica seja satisfatória para preservação miocárdica e facilite a correção cirúrgica ao propiciar campo cirúrgico exangue e coração flácido, seu emprego impossibilita a avaliação funcional do coração, suprimindo informações úteis com vistas à correção cirúrgica, tais como a competência das valvas atrioventriculares nas cardiopatias congênitas ou mesmo adquiridas. Essa avaliação deve ser realizada antes da infusão da solução cardioplégica, subsistindo como dificuldades: na hipotermia sistêmica induzida pelo líquido de perfusão, técnica rotineira em crianças, o rápido esfriamento do coração e a depressão da contratilidade, por vezes obrigam ao pinçamento aórtico antes mesmo de se alcançar a temperatura desejável para correção cirúrgica; em vigência de normotermia, a exploração intracardíaca em coração com batimentos normais implica o risco de embolia aérea ou fica limitada ao curto período em que ocorrem batimentos cardíacos após pinçamento aórtico.

Assim, em situações específicas, um sistema individualizado de perfusão cardíaca pode ser útil na correção cirúrgica, possibilitando exame do interior do coração e mesmo modificações no plano de correção cirúrgica sem que a isquemia, miocárdica seja prolongada*. Os pré-requisitos para o desenvolvimento e aplicação desse dispositivo são: pequeno volume de enchimento, para que mínimo volume fosse adicionado ao habitualmente utilizado no enchimento do oxigenador; termo-permutador eficiente, capaz de manter em 37°C a temperatura do sangue perfundido no coração; capacidade de bombeamento de sangue com fluxos compatíveis com a perfusão coronária mesmo em corações de adultos (até 350 ml/min¹⁴); componentes descartáveis visando a facilitar preparo e operação; compatibilidade com as rotinas usuais de circulação extracorpórea.

As características descritas foram incorporadas ao sistema descrito e sua aplicação foi associada ao emprego da circulação extracorpórea convencional e à preservação miocárdica cardioplégica (fig. 3), observando-se alguns aspectos fundamentais: introdução de cânula, na aorta na parte proximal, que deve ser mantida em valores de 80-120 mmHg, visando a assegurar adequada perfusão do coração e minimizar o risco de embolia aérea na circulação coronária conseqüente aos batimentos cardíacos; pinçamento aórtico (e a perfusão cardíaca pelo sistema) antecedendo o início do esfriamento sistêmico em circulação extracorpórea; realização da infusão cardioplégica e correção intracardíaca da forma usual após exposição e avaliação do defeito cardíaco com o coração em atividade; reperfusão cardíaca, realizada com auxílio do dispositivo, durante qualquer fase do ato cirúrgico, embora esse procedimento não

* Kirklin, J.W.- Comunicação Pessoal.

tenha sido empregado em todos os pacientes incluídos neste trabalho.

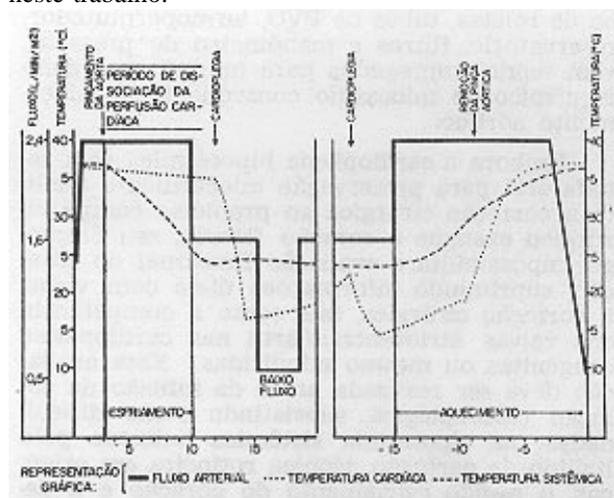


Fig. 3 - Representação gráfica dos procedimentos durante a operação quanto ao fluxo arterial, temperatura cardíaca e temperatura sistêmica e indicação de procedimentos relacionados com as perfusões sistêmica e cardíaca.

A técnica descrita implica, como limitações, aumento de complexidade dos procedimentos que, por si sós, exigem máxima atenção da equipe cirúrgica, mas acreditamos que seu emprego é justificado sempre que a avaliação anatomo-funcional ou eletrofisiológica intracardíaca seja obrigatória (defeitos das valvas atrioventriculares, presença de feixes anômalos de condução, cardiopatias congênicas complexas). Pode ser estendido a situações que necessitam pinçamento aórtico precoce, mas nas quais o coração não será prontamente abordado (fechamento de “shunts” de Waterston-Cooley, estenose residual retroaórtica de ramo direito do tronco pulmonar, “truncus arteriosus” tipo II), visando a evitar período prolongado de isquemia miocárdica. Nessas circunstâncias, 2 pinças aórticas são empregadas e a aorta seccionada no segmento compreendido entre elas.

SUMMARY

Routine cardiopulmonary bypass, aortic cross clamp and cold cardioplegic infusions are satisfactory support techniques for performing open heart surgery. However, in complex procedures requiring mild or deep systemic hypothermia induced by the perfusate, the depression of myocardial contractility during core cooling usually requires the aortic cross clamp and the surgeon cannot properly evaluate the function of intracardiac structures. If the heart is beating properly the aorta should also be cross clamped since there is a significant risk of systemic air embolism if the heart is open.

In order to dissociate systemic and cardiac perfusion and apply hypothermia to different levels of the body and heart, the following techniques were employed: conventional cardiopulmonary bypass for systemic perfusion and a single circuit to perfuse the heart, composed of a roller-pump, a heat exchanger and PVC lines. Oxygenated blood was withdrawn from the arterial reservoir of the oxygenator and injected in the aortic root between the heart and the aortic clamp, at temperatures controlled

by the heat exchanger and at an infusion pressure of 80 to 100mmHg.

This procedure was used temporarily in six patients (endocardial cushion defect in four, ventricular septal defect in one and mitral valve disease in one), in order to obtain satisfactory anatomic and functional evaluation of the intracardiac defect and to reduce the time of myocardial ischemia. We believe that this technique may also be used in procedures with extra cardiac situations requiring aortic cross clamp, as closure of the Waterston-Cooley shunts, widening of the right pulmonary artery behind the ascending aorta or correction of truncus arteriosus type II.

Agradecimentos

Agradecemos à Liliane F. Romor, Geneci Cavalheiros e Antonio C. Pawlette pela participação nos procedimentos de circulação extracorpórea, à Ely C. Almeida pelos desenhos e à firma Macchi Engenharia Biomédica Ltda. pelo apoio técnico.

REFERÊNCIAS

1. Kirklin, J. W.; Pacifico, A. D.; Hamner, H.; Allarde, R. R. - Primary definitive intracardiac operations in infants: Intraoperative support techniques. In: Kirklin, J. W., ed. - *Advances in Cardiovascular Surgery*. Grune & Stratton New York, 1973. p. 85.
2. Messmer, B. J.; Schallberger, U.; Gattiker, R.; Senning, A. - Psychomotor and intellectual development after deep hypothermia and circulatory arrest in early infancy. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 72: 495, 1976.
3. Pacifico, A. D. - Low flow bypass. *Symposium on Current Controversies and Techniques in Congenital Heart Surgery*, Baltimore, Maryland, 1981.
4. McGoon, D. C.; Moffit, E. A.; Theye, R. A.; Kirklin, J. W. - Physiologic studies during high flow, normothermic, whole blood perfusion. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 39: 375, 1960.
5. Dunn, J.; Kirsk, M. M.; Harness, J.; Carroll, M.; Straker J.; Sloan, H. - Hemodynamic, metabolic and hematologic effects of pulsatile cardiopulmonary bypass. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 68: 138, 1974.
6. Fiorelli, A. I.; Cecchini, Z. B.; Gomes, O. M. - Fluxo sanguíneo em circulação extracorpórea. *Thorac. & Cardiovasc.* 1: 43, 1982.
7. Gomes, O. M.; Bittencourt, D.; Mello, R. - Circuitos extracorpóreos especiais para drenagem, aspiração e autotransusão. *C.E.C. e Org. Art.* 1: 29, 1980.
8. Siderys, H.; Herold, O. T.; Halbrook, H.; Pittman, J. N.; Rubush, J. L.; Kasebaker, V.; Berry, G. R. - A comparison of membrane and bubble oxygenation as used in cardiopulmonary bypass in patients. *J. Thorac. Cardiol. Surg.* 69: 708, 1975.
9. Bloodwell, R. D.; Kidd, J. N.; Hallman, G. L.; Burdette, W. J.; McMurtrey, M. J.; Cooley, D. A. - Valve replacement without coronary Perfusion: Clinical and laboratory observations. In: Brewer, I. A. ed. - *Prosthetic Heart Valves*. Charles C. Thomas. Springfield, 1969. P. 397.
10. Griep, R. B.; Stinson, E. B.; Shumway, N. E. - Profound local hypothermia for myocardial protection during open heart surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 5: 731, 1973.
11. Lucchese, P. A.; Sant'Anna, J. R. M.; Kalil, R. A. K.; Prates, P. R.; Belardinelli, L.; Nasralla, I. A. - Análise crítica e resultados da cardioplegia como método de preservação miocárdica. *Arq. Bras. Cardiol.* 35: 273, 1980.
12. Sant'Anna, J. R. M.; Lucchese F. A. - Circulação extracorpórea, assistência médica à circulação e medidas de preservação miocárdica. In: Nasralla, I. A. ed. - *Tratamento cirúrgico das cardiopatias*. Fundo Editorial Byk Prociencx. São Paulo. 1982. P. 37.
13. Sapsford, R. N.; Blackstone, E. H.; Kirklin, J. W.; Karp, R. B.; Kouchoukos, N. T.; Pacifico, A. D.; Roe, R. C.; Bradley, E. L. - Coronary Perfusion versus cold ischemic arrest during aortic valve surgery. *Circulation*, 49: 1190, 1974.
14. Souza, J. E. M. R.; Batlouni, M. - Circulação coronária. In: Krieger E. M., ed - *Fisiologia Cardiovascular*. Fundo Editorial Byk-Prociencx. São Paulo, 1976. P. 240.