

*Eumenes Cysne
Mário J. de Moraes
Ernani R. Machado
Fued M. Abílio
Marco A. Cunha
Leôncio Feitosa
Rubens Giambromi
Arnaldo G. de Oranges
Elias Freitas
Domingos J. de Moraes*

Perfusão com solução cardioplégica gelada para proteção do miocárdio

A hemodiluição, a hipotermia e a cardioplegia ganharam adeptos em todo o mundo, como elementos básicos para a circulação extracorpórea e proteção do miocárdio em cirurgia cardíaca.

A intenção deste trabalho é mostrar nossa experiência atual após dois anos de uso da solução cardioplégica gelada, usada como "prime" para o sistema bomba-oxigenador, conseguindo-se, dessa maneira, uma perfusão mais rápida e uma cardioplegia eficaz.

Em essência, o método consiste em se usar como "prime" uma solução cardioplégica com 40 mEq/l de potássio, à temperatura de 15°C com um pH de 7,9 e 380 de osmolaridade.

A quantidade de potássio injetada não deve ser superior a 1,5 mEq/Kg de peso corpóreo.

O retorno arterial pela aorta ascendente é mandatório.

Inicia-se a perfusão com "prime" já a 15°C, dirigindo-se a cânula arterial para a raiz da aorta e óstios coronarianos.

O coração pára em diástole nos primeiros 15 segundos e o ECG torna-se isoelétrico, antes do clameamento aórtico, o que só é feito após injeção do "prime".

Fecham-se, então, os cadarços da veias cavas, coloca-se gelo em torno do coração e inicia-se a cirurgia, enquanto a perfusão prossegue nos moldes normais.

A temperatura esofágica cai a 28°C em 3 minutos e, em 10 min, a 25°C, onde ela é mantida. A temperatura miocárdica fica entre 17°C e 19°C, ao nível do septo.

Temos usado clameamento aórtico de 20 a 60 min, sem nenhuma reperfusão das coronárias e sem problemas de recuperação cardíaca.

O potássio plasmático vai de 14-16 mEq/l no início da perfusão, mas cai a níveis normais, em 20 a 30 min, antes do fim do "by-pass".

Se se necessitar de mais de 60 min de clameamento aórtico, injeta-se mais solução cardioplégica na raiz da aorta, como cardioplegia clássica.

Concluímos que esse método é um processo prático e rápido de se conseguir uma boa proteção miocárdica, e que pode ser usado em todos os casos de cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea.

A hipotermia, a hemodiluição e a cardioplegia são três fatores essenciais para a cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea e para a proteção do miocárdio, nos dias atuais.

Entretanto, esses três fatores básicos não foram introduzidos simultaneamente.

A hipotermia, em cirurgia cardíaca, teve seu início com Bigelow e col. (1950) e Boerema e col. (1951) que, trabalhando separadamente, provavam a possibilidade de se fazer cirurgia cardíaca com hipotermia profunda e parada circulatória^{1,2}.

Esse método foi aplicado clinicamente por Lewis e Taufic (1953) e por Bailey (1954), para fechamento de comunicação interatrial^{3,4}.

A hemodiluição foi introduzida no Brasil em 1960, com os trabalhos de Moraes e col.^{6,6} e teve maior divulgação nos Estados Unidos com os trabalhos de Suhdi e col.^{7,8} e Cooley e col.^{9,10}, a partir de 1961.

A cardioplegia foi iniciada na Inglaterra com Melrose, em 1955, que provocava parada cardíaca normotérmica, com soluções altamente concentrada em KCI (245 mEq/l)¹¹.

Foi logo muito empregada clinicamente^{12,13}.

Seu uso foi abandonado nos Estados Unidos, a partir de 1960, com o trabalho de MacFarlan¹⁴, que demonstrou necrose miocárdica com a solução preconizada por Melrose.

Estudos sobre cardioplegia continuaram na Alemanha, durante a década de 60, onde ela ressurgiu para a clínica com os trabalhos de Bretschneider^{12,16} e Kirsch¹⁷, em 1971/1972.

A cardioplegia hipotérmica foi reintroduzida na América em 1973, com o trabalho de Gay e Ebert¹⁸, e ganhou logo ampla divulgação, sendo agora empregada em todo o mundo, como um dos melhores métodos de proteção do miocárdio¹⁹⁻²³.

Nosso propósito neste trabalho é apresentar um método simples de conjugar as vantagens desses três princípios básicos - hemodiluição, hipotermia, cardioplegia - e empregá-los, simultaneamente, usando-se a solução cardioplégica gelada, como "prime" para o sistema extracorpóreo, em circulação cardíaca.

Material e método

O método proposto pode ser resumido nos seguintes itens: 1) enche-se o sistema bomba-oxigenador com solução cardioplégica (K: 40meq/l); 2) esfria-se o "prime" com recirculação até a temperatura de 13 a 15°C; 3) canulam-se a aorta e as veias cavas; 4) orienta-se a ponta da cânula aórtica para a raiz da aorta e óstios coronários; 5) inicia-se a perfusão; 6) o coração para em diástole, em cerca de 15/20s (linha de ECG isométrica); 7) prossegue-se com a injeção do "prime" até o sangue aparecer na linha arterial; 8) clampeamento da aorta ascendente; 9) fechamento do cadarço das veias cavas; 10) compressa atrás do coração, isolando-o do mediastino; 11) gelo em torno do coração; 12) início da cirurgia, com estabilização da temperatura esofágica em 25°C; 13) injeção de mais solução cardioplégica na raiz da aorta, se o clampeamento aórtico durar mais de 60 min.

Usamos um "prime" de cerca de 2 litros para adultos e 1 litro para crianças.

A solução cardioplégica, usada como "prime" para o conjunto bomba-oxigenador, tem as seguintes características: solução de Ringer -1000 ml/l; KCl - 40 mEq/l; HCO³Na - 20 mEq/l; glicose a 50% - 20 ml/l; prednisolona - 1 g/l; pH: 7,9; osmolaridade: 380 mosm; temperatura: 13 a 15°C.

Procura-se não ultrapassar a dose total de 1,5mEq de potássio por Kg de peso na injeção inicial, fazendo-se, em criança de menor peso, a redução proporcional de dose de ClK.

A gasometria, o equilíbrio ácido-básico e eletrolítico, e o potássio plasmático e urinário são dosados de 15 em 15 min, rotineiramente.

Para efeito deste estudo, foi feita dosagem do K e Na plasmático e urinário até de 5 em 5 min.

As temperaturas esofágica, retal e miocárdica são medidas continuamente.

Com esse método foram operados, de julho de 1979 a junho de 1981, 398 pacientes, sendo 219 valvulares, 102 congênitas e 77 coronarianos (tab. I).

A idade variou de 3 a 70 anos, e o peso, de 11 a 102 kg.

Tabela I - Cirurgia cardíaca com "prime" cardioplégica Casuística e mortalidade 1979-1981.

Patologia	N.º de pacientes	Óbito hospitalar
Valvar	219	18(9,47)
Congênita	102	7(5,98%)
Coronariana	77	5(6,49%)
Total	398	30(7,5%)

Resultados

Em 10 min de perfusão, o hematócrito cai ± 30%, a temperatura esofágica a 25°C e a temperatura miocárdica a ± 17°C (fig. 1).

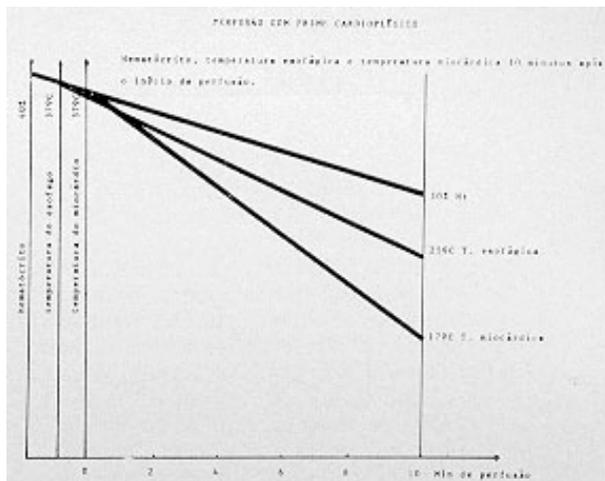


Fig. 1 - Vê-se a queda do hematócrito e das temperaturas esofágica e miocárdica, aos 10 min de perfusão.

A temperatura esofágica é mantida a 25° pelo perfusionista e a temperatura miocárdica oscila entre 17 e 19°C, ao nível do septo intraventricular.

A curva do eletrocardiograma se torna isométrica cerca de 15 a 20 s após o início da perfusão (fig. 2).

O potássio plasmático sobe a 15/17 mEq/l nos primeiros minutos da perfusão, mas cai a níveis normais em cerca de 20 a 30 min "bypass" (fig. 3).

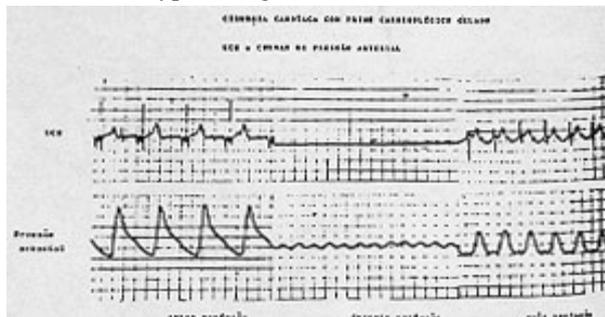


Fig. 2 - Obtém-se uma ótima parada cardioplégica - ausência de atividade elétrica ao ECG - com menos de 1 min de by-pass.

Diferentemente do potássio, o sódio plasmático mantém-se sempre dentro dos limites de normalidade (fig. 4).

A eliminação de potássio, por via urinária não acompanha a queda de sua concentração no plasma (fig. 5).

solução cardioplégica gelada para proteção do miocárdio



Fig. 3 - O potássio plasmático sobe inicialmente, mas cai a níveis normais aos 25 min da perfusão.

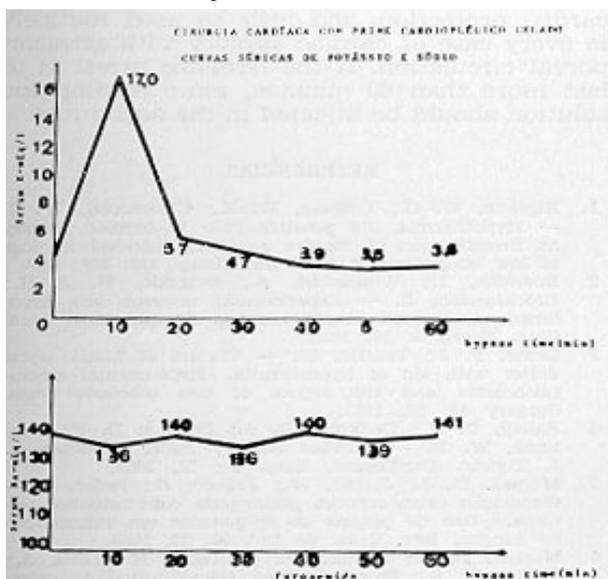


Fig. 4 - Diferentemente do potássio, o sódio plasmático se mantém em níveis próximo da normalidade.

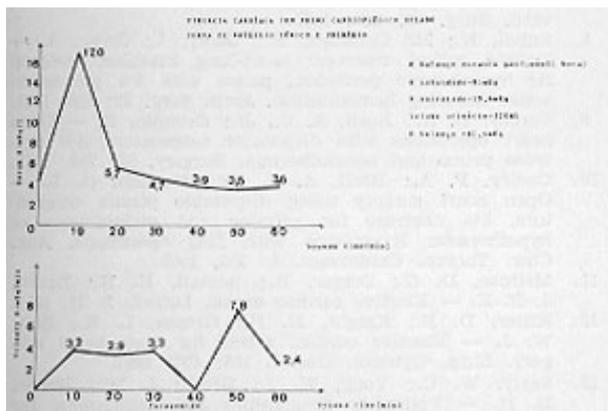


Fig. 5 - Vê-se que, em 30 min, o potássio plasmático desce a níveis normais, antes de ser eliminado pelo rins, na mesma proporção.

A eliminação do sódio urinário é uniforme, diferentemente da eliminação do potássio, que é variável, de acordo com o total injetado e o fluxo urinário (tab. II).

Tabela II - Cirurgia cardíaca com "prime" cardioplégico gelado. Excreção urinária média de potássio e sódio durante perfusão - 10 pacientes - mEq/L.

Perfusão (min)	K (mEq/L)	Na (mEq/L) :
5	178	75
10	252	60
20	180	80
30	165	76
40	29	82
50	20	78
60	25	80

Comentários

Esse método é ideal para cirurgias com pinçamento aórtico de até 60 min.

Isso acontece em cerca de 70 a 80% das cirurgias cardíacas de rotina.

Temos usado clampeamento aórtico de 20 a 60 min, sem nenhuma reperfusão de coronárias e sem problemas de recuperação cardíaca.

Após 60 min de pinçamento, geralmente a temperatura miocárdica sobe acima de 20°C e aparece atividade elétrica visível no eletrocardiograma (fibrilação ventricular). Nesse caso, deve-se injetar mais solução cardioplégica a 4°C na raiz da aorta, repetindo-se a injeção daí por diante, até de 30/30 min como na cardioplegia clássica.

O potássio plasmático sobe a 15/17 mEq/L nos primeiros minutos de perfusão, mas cai a nível normal antes de 30 min de by-pass e antes de sua eliminação por via urinária^{3,5}. Infere-se daí que o potássio entra para o intervalo celular, sendo eliminado paulatinamente nas horas seguintes.

Esse aumento do potássio intracelular nos parece útil, uma vez que a maioria dos pacientes cardíacos tem depleção do potássio total orgânico, pela ação de diuréticos e digitálicos que lhes são comumente administrados no período pré-operatório.

Como o potássio plasmático não se mantém elevado após 30 min de injeção, e é facilmente eliminado por um fluxo urinário adequado (fig. 5), não nos parece haver perigo de intoxicação pelo potássio, desde que a função renal esteja normal.

O sódio plasmático geralmente não se altera, uma vez que ele é injetado em concentração fisiológica (solução de Ringer).

Sua eliminação renal também se mantém uniforme, certamente pelo mesmo motivo (fig.4, tab. II).

O rim normal tem condições de concentrar o potássio muito bem. Nossos pacientes geralmente deixam o centro cirúrgico com um balanço de potássio ligeiramente positivo (fig. 5).

Mesmo assim, todos eles necessitam receber potássio intravenoso no CTI, sob forma de solução polarizante, nas primeiras 48h de pós-operatório.

Isso nos mostra que o total de potássio usado - 1 e 1,5 mEq de potássio por Kg de peso - não é muito para os pacientes.

Esse método simplificado de perfusão com solução cardioplégica fria nos tem dado uma proteção miocárdica comparável à cardioplegia

clássica, porém com maior simplicidade e rapidez.

No caso de insuficiência aórtica severa, o "prime" cardioplégico penetra simultaneamente nos óstios coronários e na cavidade ventricular esquerda, esfriando o coração de uma vez e dando uma ótima parada cardioplégica, sem necessidade de se canular os óstios coronarianos.

A temperatura miocárdica, entre 17 e 19°C, e a ausência de atividade elétrica visível no eletrocardiograma (fig. 1 e 2) nos atestam o bom grau de proteção miocárdica.

A hipotermia sistêmica a 25°C, a profunda hipotermia tópica proporcionada pelo gelo local e pelo isolamento do coração, aliadas a um fluxo de perfusão reduzida, nos têm permitido uma temperatura intramiocárdica inferior a 20°C e ausência de atividade elétrica, com pinçamento aórtico de até 60 min.

A recuperação dos batimentos cardíacos, após a parada anóxica, tem sido espontânea ou com necessidade de cardioversão elétrica, mas sempre com facilidade.

Clinicamente, os pacientes se comportam como aqueles que se submeteram à cardioplegia clássica, com boa função miocárdica, e raramente necessitam de drogas inotrópicas ou adrenérgicas no pós-operatório.

A incidência de infarto intra-operatório nos pacientes coronarianos se situa em torno de 4%. Nos outros, é praticamente nula.

Conclusão

Concluimos que esse é um processo prático e rápido de se conseguir uma perfusão mais curta e uma proteção miocárdica adequada com as seguintes vantagens: 1) rapidez e simplicidade; 2) menor tempo de perfusão; 3) não se perde tempo para esfriar o paciente; 4) economia de substratos energéticos do coração (só se pinça a aorta, após a parada cardíaca); 5) não há período de fibrilação antes da cardioplegia; 6) efetiva, mesmo com insuficiência aórtica severa.

O método descrito pode ser usado em todos os casos de cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea.

Summary

The use of hemodilution, hypothermia and cardioplegia has proved to be useful in solving many problems related to extracorporeal circulation.

In this report we propose a method that simplifies the extracorporeal circulation and myocardial protection by simultaneous use of these three basic principles - hemodilution, hypothermia and cardioplegia. After a short period of experimental work in dogs, this method has been used successfully in the past two years in two different Hospitals.

The proposed method is to use cold cardioplegic solution (temp - 15°, K > 40 mEq/l) as a priming for the bubble oxygenator. The aortic cannulation for arterial return is mandatory. The total amount of potassium injected should be no more than 1.5 mEq per Kg body weight.

At the beginning of the extracorporeal circulation, the aortic cannula is directed to the aortic root and coronary

ostia, without aortic clamping. The heart stops in 20 to 30 seconds and the EKG line becomes flat. At the end of the prime injection, the aorta is clamped, the venae cavae snared, saline slush is poured into the pericardial sac, and the operation is done while the perfusion goes on in the usual way

The esophageic temperature falls to 28° in 5 minutes and in about 10 minutes to 25°, where it is maintained.

The myocardial temperature stays between 17°C to 19°C at the septal level.

Aortic clamping time from 20 to 60 minutes has been used, with no reperfusion and without problems of cardiac recuperation. The plasmatic potassium level goes up 12 to 15 mEq/l at the beginning of the perfusion, but falls to normal levels in 20 to 40 minutes, at the end of the procedure.

We conclude that this method is a practical and expeditious way to achieve a good myocardial protection, and may be used routinely in every case of cardiac surgery with extracorporeal circulation. If the ischemic arrest is to last more than 60 minutes, more cardioplegic solution should be injected in the aortic root.

Referências

1. Bigelow, W. G.; Lindsay, W. K.; Greenwood, W. F. - Hypothermia, its possible role in cardiac surgery; an investigation of factors governing survival in dogs at low body temperatures. *Ann. Surg.* 132: 849 1950.
2. Boerema, L.; Wildsschut, A.; Schmidt, W. J. H.; Brockhuysen, L. - Experimental research into hypothermia as an aid in the surgical of the heart. *Arch. Chir. Neerl.* 3: 25, 1951.
3. Lewis, F. J.; Tauffic, M. - Closure of atrial septal defect with aid of hypothermia. *Experimental accomplishments and the report of one successful case. Surgery* 33: 52, 1953.
4. Bailey, C. B.; Cookson, B. A.; Dowing, D. F.; Neptune, W. B. - Cardiac surgery under hypothermia. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 27: 73, 1954.
5. Moraes, D. J.; Jaskbik, W.; Franco, S.; Sader, J. - Circulação extracorpórea prolongada com hemólise mínima. Uso de plasma no oxigenador em substituição ao sangue. *Rev. Bras. de Cir.* 39: 73, 1960.
6. Moraes, D. J.; Jaskbik, W.; Coutinho, H.; Lima, A.; Braga, D. S.; Franco, S. - Hemodilution in extracorporeal circulation using plasma and dextran as diluents. *J. Cardiovasc. Surg.* 4: 36, 1963.
7. Zuhdi, N.; Kimmell, G.; Carey, J.; Greer, A. - A system for hypothermic perfusion. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 39: 629, 1960.
8. Zuhdi, N.; Mc Collough, B.; Carey, J.; Greer, A. - Double helical reservoir heart-lung machine designed for hypothermic perfusion, prime with 5% glucose in water inducing hemodilution. *Arch. Surg.* 82: 320, 1961.
9. Cooley, D. A.; Beall, A. C., Jr.; Grondin, P. - Open heart operations with disposable oxygenators, 5% dextrose prime and normothermia. *Surgery.* 52: 713, 1962.
10. Cooley, P. A.; Beall, A. C., Jr.; Halman, G. L. - Open heart surgery using disposable plastic oxygenators, 5% dextrose for priming and maintenance of hypothermia: Experience with 1162 operations. *Ann. Chir. Thorac. Cardiovasc.* 4: 233, 1965.
11. Melrose, D. G.; Dreyer, B.; Bentall, H. H.; Baken, J. B. E. - Elective cardiac arrest. *Lancet.* 2: 21, 1955.
12. Effler, D. B.; Knight, H. F.; Groves, L. K.; Kolf, W. J. - Elective cardiac arrest for open heart surgery. *Surg. Gynecol. Obstet.* 105: 407, 1957.
13. Sealy, W. C.; Yong, W. J.; Brown, J. W.; Harris, D. H. - Potassium magnesium and neostigmine for controlled cardioplegia. *J. Thor. Surg.* 37: 655, 1959.
14. Mac Farland, J. A.; Thomas, L. B.; Gilbert, J. W.; Morrow, A. G. - Myocardial necrosis following elective cardiac arrest induced with potassium citrate. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 40: 200, 1960.
15. Bretschneider, H. J.; Hubner, G.; Khol, D.; Lohr, B.; Nordbeck, H.; Spieckermann, P. G. - Myocardial resistance and tolerance to ischemia: Physiological and biochemical basis. *J. Cardiovasc. Surg.* 16: 241, 1975.

solução cardioplégica gelada para proteção do miocárdio

16. Althaus, U.; Senn, A. - Clinical experience with the Bretschneider-cardioplegia in aortic valve replacement. *J. Cardio. Surg.* 12: 463, 1971.
17. Kirsch, U.; Roderwald, G.; Kalmar, P. - Induced ischemic arrest: Clinical experience with cardioplegia in open-heart surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 63: 121, 1972.
18. Gay, W. A.; Ebert, P. A. - Functional, metabolic and morphologic effects of potassium induced cardioplegic. *Surgery*, 74: 284, 1973.
19. Baimbridge, M. V.; Chayen, J.; Bitensky, L.; Hearse, D. J.; Jynge, P.; Cankovic-Darracott, S. - Cold cardioplegia or continuous coronary perfusion? Report on preliminary clinical experience as assessed cytochemically. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 70: 1073, 1975.
20. Hearse, D. J.; Stewart, D. A.; Baimbridge, M. L. - Cellular protection during myocardial ischemia: The development and characterization of a procedure for the induction of reversible ischemic arrest. *Circulation*, 54: 193, 1976.
21. Roe, B. B.; Hutchinson, J. C.; Fishman, N. H.; Ulliyot, D. J.; Smit, D. L. - Myocardial protection with cold, ischemic, potassium - induced cardioplegia. *J. Cardiovasc. Surg.* 54: 366, 1977.
22. Follette, D. M.; Mulder, D. G.; Maloney, J. V.; Bucberg, G. - Prolonged safe aortic cross clamping by combining membrane stabilization, multi-dose cardioplegia and appropriate pH reperfusion. *J. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 74: 682, 1977.
23. Buckberg, G. D. - A proposed "solution" to the cardioplegic controversy. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 77: 803, 1979.