

PROGRAMA DE COMPUTAÇÃO PARA CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA

JOÃO RICARDO SANT'ANNA, BEATRIZ DE FARIA LEÃO, JOSÉ BISCEGLI, FERNANDO A. LUCCHESI,
RENATO A. K. KALIL, PAULO R. PRATES, JOÃO BATISTA PEREIRA, IVO A. NESRALLA

Um programa de computação foi desenvolvido para auxiliar no preparo e operação da máquina de circulação extracorpórea para cirurgia cardíaca. Utilizou-se um computador ITAUTEC I-700 (64 kbytes de memória RAM, duas unidades de disquete de 8", face simples, dupla densidade, compatível com CPM 2.2) e uma impressora matricial.

O programa fornece o tipo de oxigenador, diâmetro dos tubos de PVC e de cânulas arterial e venosa, fluxo sistêmico de acordo com a temperatura, volume e composição do perfusato e de adições durante a circulação extracorpórea. O volume de infusão de solução cardioplégica é também indicado.

Esse programa de computação é útil quando da montagem e operação da máquina de circulação extracorpórea e ajuda na obtenção de resultados satisfatórios e reproduzíveis.

A circulação extracorpórea (CEC) é um método confiável de suporte intra-operatório. Isso se deve não apenas ao contínuo aperfeiçoamento tecnológico do equipamento envolvido e à maior compreensão da fisiologia cardiovascular correlata, como também ao emprego de técnicas e procedimentos rotinizados pela equipe cirúrgica.

Cada paciente deve ter um sistema de CEC adequado às suas características clínicas (peso, superfície corporal, hematócrito e diagnóstico), para que a perfusão sistêmica tenha um desempenho próximo ao fisiológico e para que técnicas como hemodiluição¹, hipotermia sistêmica² e baixos fluxos³ possam ser empregadas com sucesso. Esses objetivos são alcançados através da definição dos parâmetros básicos da CEC, quais sejam, fluxo arterial, diâmetro de cânulas e tubos de cloreto de polivinila (ou similar), tipo e tamanho de oxigenador, composição do perfusato e volumes de adição durante a cirurgia⁴⁻⁶.

Para facilitar o preparo do sistema de CEC e adequá-lo a cada paciente submetido à cirurgia cardíaca, desenvolvemos um programa de computação capaz de fornecer orientação básica ao perfusionista, anestesiológico e cirurgião.

MÉTODOS

Hardware - O programa foi desenvolvido em Microcomputador nacional Itautec I-7000 com 64 Kbytes

de memória, microprocessador Z 80 de 8 bits, sistema operacional SIM/M, compatível com CPM 2.2, duas unidades de disquete de 8", face simples, dupla densidade, com capacidade de armazenar 486 Kbytes por disquete e uma impressora matricial. O programa pode também rodar em disquetes de 5 1/2", em equipamento de 16 bites, compatível com o microcomputador PC da IBM.

Software - A linguagem de programação utilizada foi o DBase II. As informações fundamentais para o preparo do sistema de CEC são a identificação do paciente (nome, idade, registro hospitalar) e suas características clínicas (diagnóstico, peso, altura, superfície corporal, hematócrito pré-operatório). A data da cirurgia é também registrada. A partir desses dados são definidos: fluxo arterial sistêmico: nos valores de 2.6 L/min/m² para crianças e 2.4 L/min/m² para adultos. Outros fluxos empregados em hipotermia sistêmica são também expressos: 2.2 L/min/m², 1.8 L/min/m², 1.6 L/min/m², 1.0 L/min/m² e 0.5 L/min/m²; diâmetro da cânula arterial: com base no fluxo arterial pleno, respeitando-se um gradiente inferior a 100 mm Hg; diâmetro de cânulas venosas: são expressos os diâmetros das 2 cânulas para veias cavas, tanto em "french" como em mm (cânulas de Rygg), para assegurar a adequada drenagem ao oxigenador; diâmetro dos tubos de pressão venosa central (PVC): os tubos arterial e venoso são relacionados ao fluxo arterial, sendo indicados nos diâmetros padrões de

¼" e 3/8" para a linha arterial e de ¼", 3/8" e ½" para a linha venosa; tamanho do oxigenador Macchi: o oxigenador infantil é utilizado para fluxo arterial pleno inferior a 1500 ml/min; o pediátrico, para fluxos de 1500 a 2500 ml/min e o adulto, para fluxos superiores a 2500 ml/min; volume de enchimento do oxigenador: o volume de enchimento se relaciona ao tamanho do oxigenador, sendo de 500 ml para o modelo infantil, 800 ml para o pediátrico e 1500 ml no adulto. Sua composição consiste em volume fixo de 100 ml, 300 ml e 1000 ml, respectivamente, de solução glicosalina, complementada ao volume total por sangue ACD heparinizado ou substituto sangüíneo (plasma fresco em crianças, albumina a 4% em Ringer-lactato em pacientes pediátricos e hemacel em adultos). A proporção de sangue e de substituto sangüíneo é calculada para a obtenção de um hematócrito final da mistura paciente-máquina de 30%, considerando-se, para tal o volume de enchimento, a volemia do paciente (8% do peso corporal) e seu hematócrito pré-operatório; volume de adição transperfusão: a adição de volume, por vezes necessária durante a CEC, tem volumes pré-fixados em sangue heparinizado de 100 ml para os oxigenadores infantis e de 250 ml para os pediátricos. Para os oxigenadores adultos, dá-se preferência ao uso de substituto sangüíneo até que se atinja um hematócrito transperfusão de 25%, considerando-se, para seu cálculo, a volemia e hematócrito pré-operatório do paciente, o volume (e composição) do enchimento do oxigenador e ainda a incorporação da primeira dose de solução cardioplégica; infusões de solução cardioplégica: a solução cardioplégica hipotérmica (Saint Thomas Hospital modificada) é efetuada por reservatório de cardioplegia com trocador de calor Macchi, nas doses de 250 ml/m² na infusão inicial e de 150 ml/m² nas subseqüentes.

Outras indicações úteis para a equipe cirúrgica são também fornecidas: coleta de sangue para auto transfusão obedecendo aos critérios de peso superior a 50 kg, hematócrito superior a 38% e idade inferior a 70 anos; uso de carbogênio (O₂ a 95% e CO₂ a 5%) durante a hipotermia, quando utilizado oxigenador infantil; emprego de hemoconcentrador (ultrafiltro), mediante critério de pesos superior a 40 kg e hematócrito pré-operatório inferior a 30%.

O registro dos dados é efetuado em folha individualizada, conforme indica a figura 1.

DISCUSSÃO

Na medida em, que a cirurgia, cardíaca evolui em termos quantitativos e qualitativos, é necessário manejar grande quantidade de informações, seja sob o ponto de vista individual quanto de grandes grupos de pacientes. Computadores já empregados com sucesso no pós-operatório de cirurgia cardíaca (CC)⁷, estão se tornando um útil adjunto no manejo do paciente durante a CEC, mediante 3 níveis principais de aplicação: 1) cálculo dos parâmetros básicos da CEC, em correlação com as

Identificação		Data : 08/10/86	
Registro: 12345		Peso : 65.5 (kg)	
Nome: J.M.		Altura: 168 (cm)	
Idade: 50 anos		HT : 38. (°C)	
		Sup. Corp: 1.74 (cm ²)	
Componentes da máquina CEC			
Linha PVC arterial: 3/8		venosa: 1/2	
Canula PVC arterial: 24		venosa: 38 7 mm	
Perfusato/oxigenador:	MACCHI adulto	DMG 120	
Sol glicosalina :	1000 ml	1000 ml	
Ringer lactato :	418 ml	418 ml	
Manitol 20% :	163 ml	163 ml	
Sangue ACD :	81 ml	81 ml	
Total	> 1663 ml	1663 ml	
Dose de cardioplegia inicial:	522 ml		
	final: 261 ml		
Adição (MACCHI adulto):	sangue: incrementos 500 ml		
	(DMG 120): sangue: incrementos 500 ml		
HT mistura:	27.8		
Fluxo arterial			
2.6 L/min/m ² :	4.5 ml/min		
2.4 L/min/m ² :	4.1 ml/min		
2.2 L/min/m ² :	3.8 ml/min		
2.0 L/min/m ² :	3.4 ml/min		
1.6 L/min/m ² :	2.7 ml/min		
1.0 L/min/m ² :	1.7 ml/min		
0.5 L/min/m ² :	0.87 ml/min		
C.E.C.			
Início:	Término:	Total:	
Isq. 1:	Isq. 2 :	Isq. 3:	
Temp. inicial:	Temp. mínima:	Final:	
Baixo fluxo:			
Fluxo:	duração:		
Fluxo:	duração:		
Adição:			
Observações:			
Lista de verificações:			
Pós montagem:	Rolete arterial:	Pré-CEC:	Rolete arterial:
	Aspiradores:		Aspiradores:
	Conexões:		Oxigênio:
	Perfusato:		Ar no circuito:
	Vazamentos:		Bomba de água:

Fig. 1 - Instituto de Cardiologia - ICFUC - Div. de Pesquisa - Setor Informática

características biológicas e patológicas de cada paciente⁸; 2) monitorização, registro e processamento de informações durante o procedimento cirúrgico⁸⁻¹²; 3) automatização da CEC^{9,13}.

Essas tarefas se dispõem de maneira seqüencial, e a progressão de uma a outra não apenas requer que os objetivos básicos sejam alcançados, como também implica o desenvolvimento de sistemas computadorizados mais complexos em termos de hardware e software, capazes de auxiliar o médico no processo de tomada de decisão e que possam: coletar informações (sensores, conversores análogo-digitais), analisar dados (definição dos parâmetros mensuráveis, da variabilidade aceitável, de atitudes para estabilização e correção) e realizar ações corretivas (monitores, alarmes e reguladores que atuem na máquina de CEC).

A etapa fundamental na interação-computador-CEC consiste no desenvolvimento de um programa para cálculo dos parâmetros para montagem e ope-

ração da máquina de perfusão. Esses parâmetros ficaram bem estabelecidos a partir de investigações clínicas prévias (quanto a fluxo arterial sistêmico, hematócrito mínimo capaz de transportar oxigênio a níveis compatíveis com a vida, grau de hemodiluição tolerável) e do conhecimento do desempenho do equipamento utilizado (cânulas, oxigenadores, etc).

Desenvolvemos um programa de computação baseado em nossa rotina de procedimentos para CEC, previamente comunicada¹⁴. Modificações podem ser introduzidas quanto a parâmetros como fluxo arterial (ml/kg), tipo de oxigenador (diferentes marcas e modelos, com variação do volume de enchimento) e grau de hemodiluição (diferentes perfusatos), de modo que o protocolo individual de cada equipe cirúrgica seja respeitado.

O programa descrito reduz o trabalho do perfusionista quanto à realização de cálculos básicos e preenchimento da ficha de perfusão de cada paciente e favorece a obtenção de resultados reprodutíveis em CEC para CC. Embora simples, representa um passo inicial e indispensável para o desenvolvimento de sistemas mais complexos para monitorização, coleta e análise de informações na sala de cirurgia, que é de nosso interesse desenvolver.

SUMMARY

As an aid to assemble and operate the lung machine pump for cardiac surgery, a computer program was developed for the microcomputer Itau-Tec I-7000 (64 kbytes of Ram memory, two 5 ¼" floppy disk drives and operational system compatible with CPM 2.2). The program provides type of blood oxygenator, PVC tube diameters, arterial and venous cannulae, systemic flows according to temperature, composition of perfusate and eventual additions during cardiopulmonary bypass.

This software facilitates routine prepare and use of cardiopulmonary bypass for cardiac surgery and helps to obtain satisfactory reproducible results.

REFERÊNCIAS

1. De Wall, R.; Lillehei, R. C.; Sellers, R. D. - Haemodilution perfusions for open heart surgery, *N. Engl. J. Med.* 366: 1078, 1972.

2. Mori, A.; Muraoka, R.; Yokata, Y.; Okamoto, Y.; Ando, F.; Fukumasa, H.; Oku, F.; Ikeda, M.; Shinatoni, H.; Kisaksa, Y. - Deep hypothermia combined with cardiopulmonary bypass for cardiac surgery in neonates and infants. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 64: 422, 1972.
3. Kirklin, J. W.; Pacifico, A. D.; Hanatt III, H.; Allard, R. R. - Primary definite intracardiac operation in infants: intraoperative support techniques. In: Kirklin, J. W. ed. *Advances in Cardiovascular Surgery*. New York, Grune & Stratton, 1973. p. 85.
4. Galleti, P. M.; Brescher, G. H. - *Heart Lung Bypass*. New York, Grune & Stratton, 1962.
5. Kirklin, J. W.; Lell, W. A.; Baxley, J. G.; Appelbaum, A. - Cardiopulmonary bypass for cardiac surgery. In: Sabiston, D. C.; Spencer, F. C. ed. *Gibbons Surgery of the Chest*. Philadelphia, Saunders, 1976. p. 486.
6. Reed, C. C.; Clark, D. K. - *Cardiopulmonary Perfusion*. Houston, Texas Medical Press Inc. 1975.
7. Sheppard, L. C.; Shotts, J. F.; Wallace, F. D.; Kouchoukos, N. T.; Kirklin, J. W. - Computer based critical care systems applied to post surgical cardiac patients. In: Reichnergestitate Intensivpflege II. Stuttgart-New York, Georg Thiene Verlag, 1983. p. 156.
8. Janssenwillem, E.; Vanhouwe, M.; Steemans, M.; Rucquoi M.; Cham, B.; Welch, W. - Computerized data acquisition and processing during ECC: A more accurate way of handling CPB patients. In: Hagl, S.; Kloeckorn, W. P.; Mayr, N.; Sebening, F. ed. *Proceedings of the Symposium Thirty Years of Extracorporeal Circulation*. Munique, Deutsche Herzzentrum Munchen. 1984. p. 573.
9. De Jong, D. S.; Oomen, J.; Dalen, A. V.; Bos, E.; Nauta, J. - The value of computerized registration and automatic regulation of vital parameters during cardio-pulmonary bypass. In: Hagl, S.; Kloeckorn, W. P.; Mayr, N.; Sebening, F. ed. *Proceedings of the Symposium Thirty Years of Extracorporeal Circulation*. Munique, Deutsches Herzzentrum Munchen. 1984. p. 579.
10. Balteskonis, S.; Heimich, W.; Mandler, N.; Sebening, F. - One part of a patient monitoring system: the heart-lung machine logger. In: Hagl, S.; Kloeckorn, W. P.; Mayr, N.; Sebening, F. ed. *Proceedings of the Symposium Thirty Years of Extracorporeal Circulation*. Munique, Deutsches Herzzentrum Munchen, 1984. p. 587.
11. Hankins, T. - Computer assisted bypass management. *J. Extracorp. Tech.*, 12: 95, 1980.
12. Riley, J. B. - A technique for computer assisted monitoring in the management of total heart-lung bypass. *J. Extracorp. Tech.* 13: 171, 1981.
13. Barthelemy, R.; Chauveau, N.; Morucci, J. P.; Puel, P. - Automation in extracorporeal circulation. In: Hagl, S.; Kloeckorn, W. P.; Mayr, N.; Sebening, F. ed. *Proceedings of the Symposium Thirty years of Extracorporeal Circulation* Munique, Deutsches Herzzentrum Munchen, 1984. p. 567.
14. Sant'Anna, J. R.; Lucchese, F. A. - Circulação extracorpórea, assistência mecânica à circulação e medidas de preservação miocárdica. In: Nesralla, I. A. ed. *Tratamento Cirúrgico das Cardiopatias*. São Paulo, Byk-Prociencx, 1982. p. 37