

ULTRAFILTRAÇÃO PARALELA EM CIRURGIA CARDÍACA

JOÃO RICARDO MICHELIN SANTANNA* JOSÉ BISCEGLI** RENATO A. K KALIL***
 FERNANDO A. LUCCHESI**** PAULO R. PRATES***** IVO A. NESRALLA*****

A ultrafiltração foi realizada como método de hemoconcentração mecânica em 6 pacientes submetidos a cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea. Sua indicação consistiu em insuficiência cardíaca congestiva (5 pacientes) ou anemia (1 paciente). Cinco pacientes eram portadores de lesão valvar e um de comunicação interventricular pós infarto do miocárdio. O ultrafiltro capilar, construído especialmente para a investigação, foi montado paralelamente ao oxigenador de bolhas e utilizado por período médio de 58,5 min, mantendo-se volume de ultrafiltrado de 953 ml para uma pressão transmembrana de 466 mmHg. O Ultrafiltro mostrou composição eletrolítica semelhante

a do perfusato, taxa de glicose aumentada e ausência de proteínas ou hemácias. O hematócrito após circulação extracorpórea foi inferior ao pré-operatório, mas não alcançou valores críticos mesmo em pacientes hemodiluídos. Nenhuma complicação relacionada a técnica foi observada.

A ultrafiltração com ultrafiltro capilar mostrou ser método seguro, confiável e de fácil emprego. Embora o grau de benefício obtido seja de difícil definição, o emprego da técnica descrita pareceu favorecer a evolução pós-operatória em 4 dos pacientes estudados.

Arq. Bras. Cardiol. 51/2:161-165—Agosto 1988

Técnicas de hemodiluição são empregadas em circulação extracorpórea (CEC) para diminuir a necessidade de transfusão sanguínea e suas complicações^{1,2}. Foram observados efeitos benéficos da hemodiluição sobre a fisiologia do organismo^{3,4}.

Contudo, pacientes com volume circulatório aumentado (como na insuficiência cardíaca congestiva), com anúria ou oligúria pré-operatória ou anemias, não têm indicação de hemodiluição pelo risco de redução de transporte de oxigênio pelo sangue abaixo de limites toleráveis, comprometimento da hemostasia pela diluição de proteínas plasmáticas e fatores de coagulação e de edema sistêmico pela redução da pressão oncótica intravascular^{5,6}.

Visando prevenir ou tratar a hemodiluição excessiva em CEC, têm sido empregadas técnicas como a restrição hídrica bans e pós-operatória, a administração de diuréticos e os métodos mecânicos de hemoconcentração (centrifugação do perfusato ou ultrafiltração)^{7,8}. A

ultrafiltração tem emprego restrito em nosso meio para pacientes submetidos a cirurgia cardíaca.

Visando adquirir familiaridade com a técnica de ultrafiltração, desenvolvemos com tecnologia nacional um ultrafiltro capilar e, após avaliação preliminar experimental, o utilizamos em 6 pacientes submetidos a cirurgia cardíaca com CEC.

CASUÍSTICA E MÉTODOS

O circuito de ultrafiltração foi montado paralelamente ao sistema de CEC. O oxigenador de bolhas Jatene-Hacchi contém no reservatório arterial um coletor de sangue que possibilita o acesso ao sangue do paciente para ultrafiltração. O perfusato é impulsionado por uma bomba peristáltica de roletes através de tubos de cloreto de polivinila (PVC) até o ultrafiltro, tendo a pressão de perfusão monitorizada, e retorna ao reservatório de cardiostomia, conforme indica a figura 1.

Trabalho realizado no Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul—Fundação Universitária de Cardiologia.

* Cirurgião Cardiovascular do Instituto de Cardiologia do RS.

** Eng. Biomédico do Departamento de Bioengenharia do Instituto “Dante Pazzanese” de Cardiologia.

*** Cirurgião Cardiovascular e Chefe da Divisão de Ensino do Instituto de Cardiologia do RS.

**** Cirurgião Cardiovascular e Chefe da Divisão de Pesquisa do Instituto de Cardiologia do RS.

***** Cirurgião Cardiovascular do Instituto de Cardiologia do RS

***** Chefe do Serviço de Cirurgia do Instituto de Cardiologia do RS.

Arq. Bras. Cardiol. 51/2:161-165—Agosto 1988

O ultrafiltro empregado foi especialmente desenvolvido para esta investigação a partir do rim artificial capilar Macchi*. O material semipermeável utilizado foi o Cuprofan (Cuprofan, marca registrada Enka Glanzstoff, A. G.—Alemanha Ocidental), composto por celulose regenerada e constituído em fibras ocas por processo de extrusão e tração. A fibra selecionada foi a F11M tipo 8/200, que possui aberturas de 30 a 35 Angstroms na parede porosa; ela permite seletividade para moléculas com peso molecular inferior 20000. O feixe de fibras ocas possibilitou uma área de filtração de 1,2 m².

Além dos orifícios de entrada e de saída do sangue, existe um orifício de saída de ultrafiltrado, que é o conectado a um fresco coletor; este está ligado a uma fonte variável de vácuo, que permite aplicar ao trajeto do ultrafiltrado pressões negativas de até -550 mmHg (fig. 2).

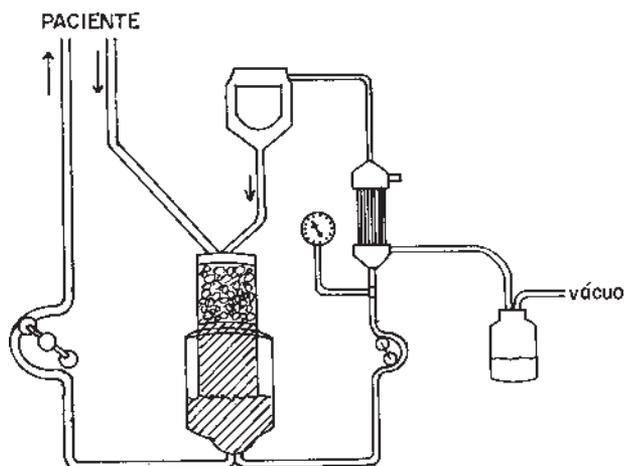


Fig. 1—Representação esquemática do circuito de ultrafiltração.

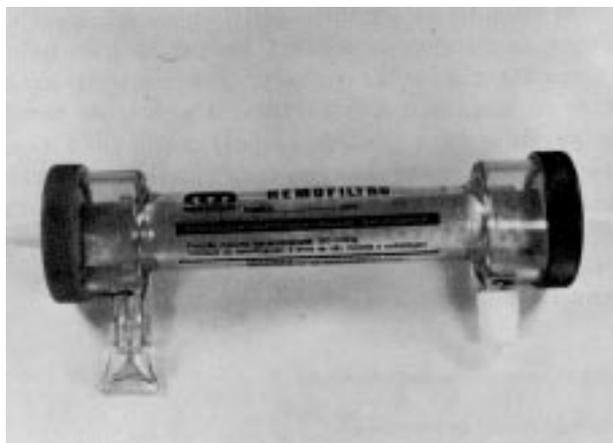


Fig. 2—Ultrafiltro Capilar.

O emprego clínico do ultrafiltro foi precedido de investigação experimental, em que o circuito de ultrafiltração foi conectado a um reservatório acrílico contendo um termopermutador. No reservatório foram colocados aproximadamente 500 ml de sangue ACD heparinado, cujo hematócrito foi determinado e reduzido a 25% pela adição de solução de Ringer com lactato. Não foi realizado ajuste do pH ou de qualquer constituinte do sangue, que teve sua temperatura mantida em 37°C. O fluxo de sangue através do circuito foi de 200 ml por min.

Foi colhida uma amostra sanguínea para determinação do hematócrito, eletrólitos, proteínas totais e albumina, uréia, creatinina e glicose. A ultrafiltração foi iniciada elevando-se a pressão de perfusão do ultrafiltro até 500 mmHg e reduzindo-se a pressão do trajeto do ultrafiltrado progressivamente a - 50 mmHg, - 150 mmHg, - 250 mmHg e - 350 mmHg, por períodos de 5 min. O ultrafiltrado obtido tinha seu volume registrado e era devolvido ao reservatório de perfusato. Ao final do procedimento, coletado um volume de 200 ml, nova avaliação laboratorial foi efetuada no perfusato e no ultrafiltrado obtido.

A investigação clínica foi realizada em 6 pacientes submetidos a cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea no Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul/Fundação Universitária de Cardiologia. Quatro pacientes eram sexo feminino e dois masculinos. Suas idades variavam entre 32 e 70 anos, com média de 45 anos.

O diagnóstico pré-operatório foi lesão valvar por endocardite bacteriana (insuficiência aórtica em 2 pacientes, em mitral em um), insuficiência mitral grave, estenose mitral associada a insuficiência aórtica e tricúspide de etiologia reumática e ainda comunicação interventricular pós-infarto do miocárdio.

A classe funcional, conforme critérios da New York Heart Association, era classe III em 2 pacientes e classe IV em quatro.

Os critérios para utilização de ultrafiltração foram hematócrito pré-operatório inferior a 30% em um paciente e insuficiência cardíaca congestiva nos demais.

Técnicas de rotina foram empregadas no transoperatório, incluindo-se a utilização do oxigenador de bolhas Jatene-Macchi, hipotermia moderada a 28°C e monitorização da atividade de heparina durante a circulação extracorpórea, pelo controle periódico do tempo de coagulação ativado (TCA)⁹. Em dois pacientes, a correção cirúrgica foi efetuada com o coração perfundido através do dispositivo previamente descrito¹⁰.

O fluxo do perfusato através do ultrafiltro foi de 200 ml/min em todos os procedimentos e a pressão medida a montante do ultrafiltro não excedeu 200 mmHg, não foi utilizado constritor no tubo de PVC distal ao ultrafiltro. A pressão negativa no trajeto do ultrafiltrado variou de -200 a - 400 mmHg.

A avaliação bioquímica pré-operatória compreendeu glicemia, uréia, creatinina, eletrólitos (Na, K, Cl), hematócrito, proteínas totais e fracionadas, nitrogênio

* Macchi Engenharia Biomédica Ltda.—São Paulo

uréico, ácido úrico, plaquetas, fibrinogênio, tempo de protrombina e osmolaridade plasmática.

No transoperatório, uma avaliação bioquímica prévia a circulação extracorpórea incluía glicemia, uréia, creatinina, eletrólitos, hematócrito, proteínas totais e fracionadas e gasometria arterial. Esta análise foi repetida ao final da circulação extracorpórea e após o término deste procedimento. O ultrafiltrado obtido foi também avaliado.

RESULTADOS

Avaliação in Vitro—O desempenho do ultrafiltrado nas diferentes pressões transmembrana está demonstrado na figura³. A composição inicial do perfusato está expressa na tabela I, que mostra também a composição do ultrafiltrado e do perfusato ao final do procedimento. Pode-se constatar que o perfusato mostrou elevação de hematócrito, proteínas totais e albumina e da osmolaridade, quando comparado com sua composição inicial. O ultrafiltrado mostrou ausência de proteínas e de hemácias e composição eletrolítica comparável a de perfusato.

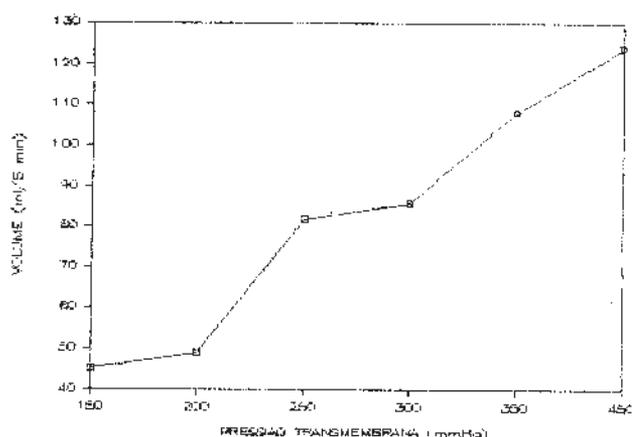


Fig. 3 — Relação entre pressão transmembrana (em mmHg) e fluxo de ultrafiltrado (em ml /5 min) durante avaliação experimental do ultrafiltrado.

TABELA I—Composição do perfusato e do ultrafiltrado em avaliação experimental do ultrafiltrado.

Parâmetro	Controle	Ultrafiltrado	Pós hemofiltração
Sódio (mEq/l)	166	167	164
Potássio (mEq/l)	6,1	5,8	5,7
Cloro (mEq/l)	110	116	116
Cálcio (mEq/l)	15,4	15,4	16,4
Magnésio (g/dl)	1,5	0,8	1,2
Fósforo (m/l)	5,9	10,7	7,7
Hematócrito (%)	25	0	31
Hemoglobina (mg/dl)	9,2	0	10,9
Proteínas totais (g/dl)	3,4	0,01	4,3
Albumina (g/dl)	2,0	0,01	2,5

Avaliação Clínica—Resultados laboratoriais obtidos no pré-operatório e durante a cirurgia estão expressos na

TABELA II—Avaliação laboratorial de pacientes submetidos a ultrafiltração durante circulação extracorpórea (CEC), incluindo-se a composição do perfusato.

Parâmetro	Pré CEC	CEC	Ultrafiltrado	Pós CEC
Sódio (mEq/l)	130	128	128	126
Potássio (mEq/l)	3,9	4,1	4,0	4,1
Cloro (mEq/l)	93	93	94	93
Cálcio (mEq/l)	8,0	7,3	7,9	5,5
Fósforo (m/l)	4,7	4,5	5,7	4,4
Glicose (mg/dl)	172	359	361	456
Uréia (mg/dl)	74	77	71	77
Creatinina (mg/dl)	1,3	1,5	1,6	1,4
Prot. totais (g/dl)	6,4	5,2	5,0	0,02
Albumina (g/dl)	2,7	2,4	2,4	0,06
Hematócrito (%)	36	27	32	¾
Hemoglobina (mg/dl)	11,3	8,5	9,2	¾
Osmolaridade (Mo/Kg)	228	307	5,7	307

tabela II. A hemodiluição utilizada durante a circulação extracorpórea resultou em redução significativa do hematócrito e das proteínas plasmáticas. O ultrafiltrado mostrou ausência de proteínas e de hemácias e composição eletrolítica semelhante a do perfusato. A concentração de glicose foi aumentada.

Para um tempo médio de circulação extracorpórea de 78 min. foi obtido um volume de 953 ml de ultrafiltrado, durante um tempo de 48,5 min de ultrafiltração a uma pressão transmembrana de 466 mmHg.

Um paciente faleceu após circulação extracorpórea devido a falência miocárdica na cirurgia de correção de comunicação interventricular secundária a infarto agudo do miocárdio. Outro paciente faleceu por falência de múltiplos órgãos no 60 dia de pós-operatório. Os demais pacientes evoluíram satisfatoriamente e não foram evidenciadas complicações relacionadas ao procedimento descrito.

DISCUSSÃO

A CEC com técnica de hemodiluição tem a vantagem de reduzir a demanda de sangue homólogo, melhorar o débito urinário e diminuir o risco de insuficiência renal e pulmonar¹¹. Contudo, um ganho hídrico excessivo pode resultar em complicações bem conhecidas e implicar emprego de técnicas de hemoconcentração. Estas estão também indicadas em pacientes com anúria ou oligúria pré-operatória, que limitam a capacidade do organismo de hemoconcentrar e reduzem sua tolerância a administração de líquidos^{12,13}. Também pacientes com volume circulatório aumentado ou os anêmicos podem ser vantajosamente hemoconcentrados no início da CEC¹⁴.

Os métodos usualmente empregados em cirurgia visando a hemoconcentração se resumem em: 1) aumento do débito urinário—é o mais fisiológico, mas de difícil controle e que nem sempre pode ser aplicado efetivamente, especialmente na eventualidade de oligúria ou anúria; 2) lavagem mecânica e concentração de glóbulos—técnica efetiva, embora dependente do volume aumentado de perfusato e que determine a

perda de constituintes plasmáticos; 3) ultrafiltração — a ultrafiltração é a remoção de água e solutos do sangue por transporte convectivo através de membrana semi-permeável, graças a um gradiente de pressão¹⁵. Ele difere da diálise convencional, em que a difusão de solutos através da membrana semipermeável decorre do gradiente de soluto entre o sangue e o banho de dialisado.

A ultrafiltração tem sido utilizada como técnica efetiva para remoção de líquidos em pacientes submetidos a diálise, pois é capaz de remover grande quantidade de líquidos sem alterar significativamente a estabilidade hemodinâmica¹⁵. O emprego isolado da ultrafiltração ocorreu inicialmente em situações clínicas visando remover excesso de água em pacientes com insuficiência cardíaca, respiratória e renal¹⁷⁻¹⁹.

Em nosso meio, Sens e col utilizaram a ultrafiltração isolada no tratamento da insuficiência cardíaca ou hiperhidratação em 9 pacientes refratários a terapêutica convencional, com auxílio de hemodialisador tipo bobina²⁰. Foram obtidos resultados laboratoriais favoráveis como a elevação de proteínas totais e fracionadas, hematócrito e pressão parcial do oxigênio no sangue arterial, sem que complicações significativas ocorressem.

Durante CEC, Magilligan Jr utilizou experimentalmente hemofiltro capilar demonstrando menor acúmulo de líquido extravascular pulmonar nos cães submetidos ao procedimento²¹. Fiorelli e col utilizaram um hemodialisador do tipo bobina em 7 cães, registrando a factibilidade técnica e alguns princípios básicos de aplicação²².

Em cirurgia cardíaca, a técnica foi empregada inicialmente por Darrup em 1979, em pacientes com insuficiência renal²³. Estudos clínicos demonstram que o ultrafiltrado revelava composição semelhante a do plasma, exceto pelas concentrações de cálcio e de fósforo, que foram mais elevadas²¹. Um estudo comparativo entre pacientes submetidos ou não a ultrafiltração em CEC evidenciou menor redução do hematócrito e balanço hídrico menos positivo. Não foram registradas alterações significativas de fibrinogênio, plaquetas ou hemoglobina plasmática livre e nem complicações relacionadas a técnica¹⁴.

A capacidade de hemoconcentrar através da ultrafiltração foi também demonstrada por Romagnoli, que obteve a elevação do hematócrito médio de 21% para 31% em 24 crianças, após o emprego da CEC²⁴.

Nossos resultados experimentais e clínicos, similares aos de outros autores, evidenciam a capacidade da ultrafiltração como técnica de hemoconcentração e aprovam o ultrafiltro testado. A técnica de utilização do ultrafiltro, já descrita por outros autores²⁵, é segura, de fácil execução e não requer equipamento ou pessoal especializado.

O custo do hemofiltro é uma limitação ao uso da ultrafiltração paralela de rotina, pois excede ao valor de uma unidade de sangue transfundida ou a hemoconcentração mecânica⁸.

É necessário salientar que o efeito benéfico da ultrafiltração nos pulmões, rins e outros órgãos é de difícil comprovação²¹, o que limita seu emprego em cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea a pacientes com evidências clínicas, radiológicas ou de diluição térmica de excesso de água no organismo. A anemia e a anúria ou aligúria pré-operatória são indicações adicionais da técnica, que possibilita o uso da hemodiluição durante CEC.

SUMMARY

A technique of hemoconcentration during cardiopulmonary bypass using parallel ultrafiltration was evaluated in six patients submitted to cardiac surgery. A hollow fiber ultrafilter was developed and manufactured for this investigation. An experimental evaluation was performed previous to clinical use. Indications for hemoconcentration were congestive heart failure (five patients) or preoperative anemia. During hemoconcentration in cardiac surgery (mean time: 58.5 min), a volume of 953 ml of ultrafiltrate was obtained with a transmbrane pressure of 466 mmHg. The ultrafiltrate had a balanced electrolyte composition and a higher glucose level compared to the perfusate; there were no proteins or erythrocytes. Postbypass haematocrit was lower than pre-bypass, but did not decrease below critical values even in hemodiluted patients. There were no complications related to the use of ultrafiltration.

REFERÊNCIAS

1. Veska JJ, Ludington LG, Brewer III LA—A comparative study of cardiopulmonary bypass with nonblood prime. *Ann Thorac Surg*, 18: 72, 1987.
2. Lillegasen P, Stokke O—Moderate and extreme hemodilution in open heart surgery: fluid balance and acidbase studies. *Ann Thorac Surg*, 25: 127, 1978.
3. Edie RN, Haubert SM, Malm JR.—The use of haemodilution and a non-haemic prime for cardiopulmonary bypass. In: Ionescu MI, Nooler HH (ed)—*Current Techniques in Extracorporeal Circulation*. London, Butterworths. 1976. p. 117
4. Rabelo RC, Oliveira SH, Welg OR, Verginelli G, Zerbini EJ— The influence of the nature of the prime on post-perfusion pulmonary changes. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 66: 782, 1973.
5. Uther JR, Wachtel C, Cain RB, Span EA, Collins JC, Stephens DB—Effect of hypothermia, hemodilution and pump oxygenation on organ water content blood flow and oxygen delivery, and renal function. *Ann Thorac Surg*, 31: 121, 1981.
6. Beatti HW, Evans C, Garnetti ES, Weber CE — Sustained hypovolemia and extracellular fluid volume expansion following cardiopulmonary bypass. *Surgery*, 71: 891, 1972.
7. Moran JM, Babka R, Silberman S, Rice PL, Pifarré R, Sullivan HJ, Montora A—Immediate centrifugation of oxygenator contents after cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 76: 510, 1978.
8. Vertrees RA, Auvil J, Harding E, Sweet S, Rouson JH, Engelman RA—A technique of hemoconcentration. *JETC*, 14: 6, 1982.
9. Bull BS, Huse WM, Braver FS, Korpman RA—Heparin therapy during extracorporeal circulation II. The use of dose-response curve to individualize heparin and protamine dosage. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 69: 685, 1975.
10. Sant'Anna JR, Biscegli JF, Lucchese FA, Kalil RAK, Prates PR, Nesralla IA—Dissociação da perfusão sistêmica e cardíaca para cirurgias do coração. *Arq Bras Cardiol*, 44: 85, 1983.

11. Lillegasen P, Stokke O—Moderate and extreme hemodilution in open-heart surgery: fluid balance and acidbase studies. *An Thorac Surg*, 25: 127, 1978.
12. Reed CC, Clark DK—Cardiopulmonary perfusion. Houston, Texas Medical Press, 1975.
13. Guyton AC—Textbook of Medical Physiology. 4 ed. Philadelphia, WB Sanders, 1971.
14. Hoepck JM, Lane RSL, Schröder JW - Oxygenator volume control by parallel ultrafiltration to remove plasma water. *J Extracorp Tech*, 13: 267, 1981.
15. Henderson KW, Besarab A, Michaels A, Bluemle Jr LW—Blood purification by ultrafiltration and fluid replacement (Diafiltration). *Trans Am Soc Artif Internal Organs*, 13: 216, 1967.
16. Heinrich W, Woodard T, Gomes-Sanches C, Pettinger W Mechanisms of blood pressure protection during ultrafiltration. *Kidney Int*, 16: 889, 1979.
17. Silverstein ME, Ford CA, Lysaght MJ, Henderson LW—Treatment of severe fluid overload by ultrafiltration. *N. Eng J Med*, 291: 747, 1974.
18. Asba H, Bergstrom J, Forst P, Shaldon S, Wirkland S—Treatment of diuretic-resistant fluid retention with ultrafiltration. *Acta Med Scand*, 204: 145, 1978.
19. Lewis RM, Besso J, Henning RJ, Weil MH—Hemofiltration for the treatment of adult respiratory distress syndrome. *Crit Care Med*, 8: 229, 1980.
20. Sens IAS, Franken RA, Miorin LA, Jabour P—Ultrafiltração isolada no tratamento da insuficiência cardíaca e outros estados de hiperhidratação. *Arq Bras Cardiol*, 41: 203, 1983.
21. Maffilligan DJ, Oryama C—Ultrafiltration during cardiopulmonary bypass: laboratory evaluation and initial clinical experience. *Ann Thorac Surg*, 37: 33, 1984.
22. Fiorelli AI, Gomes OM, Moraes NLT, Tolosa MA, Zerbini EJ — Circulação extracorpórea com hemofiltração durante cirurgia cardíaca. *Arq Bras Cardiol*, 38: 455, 1982.
23. Darup J, Bleese N, Kalmar P, Lutz G, Pokar H, Polonius MT — Hemofiltration during extracorporeal circulation. *Thorac Cardiovasc Surg*, 27: 227, 1979.
24. Romagnoli A, Hocker J, Keatz A, Milan J—External hemoconcentration after deliberate hemodilution. Annual Meeting of the American Society of Anesthesiologists. Park Ridge. IL 1976.
25. Nelson RL, Tamari Y, Tortolani AJ, Hall MH, Moccio CG—Ultrafiltration for concentration and salvage of pump blood. *Ind utley Jr: Pathophysiology and techniques of Cardiopulmonary Bypass*. vol. II. Baltimore, Williams & Williams, 1983