

Índices de Hemólise e Visualização do Fluxo na "Spiral Pump" (SP), uma Bomba Centrífuga de Sangue por Fuso Cônico

Aron J. P. Andrade, José F. Biscegli, José E. Sousa, Yukio Ohashi*, Yukihiko Nosé*

Inst. Dante Pazzanese de Cardiologia, Centro Técnico de Experimentos, São Paulo, SP, Brasil

*Baylor College of Medicine, Dept of Surgery, Houston, TX, USA

Resumo: A "Spiral Pump" (SP) é uma bomba de sangue que utiliza, simultaneamente, os princípios de bombeamento axial e centrífugo, através da rotação de um fuso cônico. As características hidrodinâmicas da SP foram estudadas em diversas condições de bombeamento, utilizando um circuito composto de tubos e reservatório plásticos, com 500 ml de solução água-glicerina (37%). O comportamento do fluxo foi estudado nas áreas mais importantes da bomba utilizando um plano de luz laser estroboscópica. Partículas plásticas, suspensas na solução, foram iluminadas pela luz laser durante o funcionamento da bomba. Vários testes de hemólise foram realizados "In Vitro" utilizando sangue bovino, simulando duas condições de bombeamento: bomba de assistência ventricular esquerda e bomba de circulação e oxigenação extracorpórea.

Abstract: The Spiral Pump (SP) is a blood pump that utilizes the two well known centrifugal and axial pumping principles, simultaneously. The hydrodynamic performance of the pump was studied at several test conditions, using a closed circuit loop with plastic tubes and reservoir, filled with 500 ml of 37% glycerin-water solution. The results show that the SP has good pumping performance. The flow behavior was studied in the most important areas of the pump using a stroboscopic planar helium-neon laser light. Amberlite plastic particles (80 mesh) were used in suspension in the solution and were illuminated by the laser light during the pumping process. Several in vitro hemolysis tests were performed using bovine blood, simulating two pump conditions: as left ventricular assist device and as cardiopulmonary bypass.

Introdução: Os sistemas de bombeamento de sangue por força centrífuga possuem importantes características de segurança e simplicidade de operação, quando comparados com bombas de rolete e bombas pulsáteis, não permitindo que grandes quantidades de ar sejam bombeados ao paciente, e ainda, não havendo o risco de que ocorram excessivas pressões, com a possibilidade de causar um acidente vascular ao paciente ou rompimento na linha de circulação extracorpórea¹.

As bombas centrífugas apresentam excelentes resultados de hemólise. Diversos grupos de pesquisa estão desenvolvendo bombas centrífugas aperfeiçoando suas características de bombeamento e durabilidade visando eliminar suas limitações para específicas aplicações^{2,3}.

Um novo conceito de bomba está sendo testado. A "Spiral Pump" (SP) utiliza os princípios de bombeamento axial e centrífugo, simultaneamente. No interior desta bomba existe um fuso cônico em forma de espiral, ou seja, um cone com rosca em sua superfície. Os filetes de rosca do cone central proporcionam o movimento axial da coluna de sangue. O movimento de rotação do cone gera o efeito centrífugo de bombeamento, melhorando a eficiência de bombeamento do equipamento.

Metodologia: Os testes foram realizados utilizando um circuito composto de tubos e reservatório de

plástico flexível (PVC), com um volume de 500 ml, conforme esquema mostrado na Figura 1.

Para a realização dos testes das características de bombeamento desta bomba, este circuito foi preenchido com uma solução 37% água-glicerina a 25°C, simulando a viscosidade e a densidade do sangue.

Para visualização do comportamento do fluxo no interior da bomba foram adicionadas partículas plásticas (Amberlite 80 mesh) à solução. Um feixe planar de luz laser (hélio-neon, 7 mW), com uma espessura de 1 mm, foi utilizado para iluminar as partículas ao passarem pelo plano em estudo.

Nos testes para determinação da hemólise causada pelo equipamento, o circuito foi preenchido com 500 ml de sangue bovino. Foram realizados 4 testes para cada condição de bombeamento. As condições de bombeamento simuladas foram:

- 1- como bomba de assistência ventricular esquerda (LVAD), com fluxo (F) de 5 L/min e diferença de pressão (ΔP), antes e após a bomba, de 100 mm Hg;
- 2- como bomba de circulação e oxigenação extracorpórea (CPB), com F = 5 L/min e ΔP = 350 mm Hg.

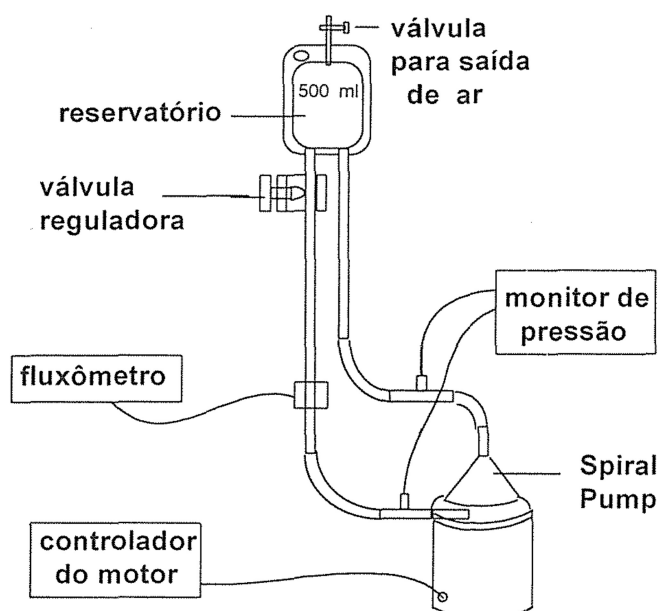


Figura 1. Esquema do circuito utilizado nos testes "In Vitro" com a Spiral Pump.

O Índice Normalizado de Hemólise (NIH) é definido como³:

$$NIH = \frac{\Delta Hb}{\Delta T} \times \frac{(100 - Ht)}{100} \times \frac{V}{F}$$

onde: ΔHb é o aumento de hemoglobina livre no plasma (g/100L); ΔT é o tempo entre as amostras de sangue (min); Ht é o hematócrito inicial (g/100L); V é o volume total de sangue (L); F é o fluxo bombeado (L/min);

Resultados: Os resultados com o estudo das características de bombeamento da SP foram colocados no gráfico mostrado na Figura 2.

Os resultados obtidos com os estudos de visualização de fluxo foram registrados em filme Kodak TMAX-400, preto e branco utilizando uma câmera fotográfica Olympus OM-4T, e gravados em fita de vídeo cassete com utilização de uma micro câmera (Elmo, Japão) e um vídeo cassete (Sony, Japão). As fotos e imagens obtidas não são mostradas neste resumo, porém serão apresentadas durante o congresso.

Os resultados dos testes de hemólise foram:

- 1- condição LVAD: $NIH = 0,0063 \pm 0,0020$ g/100L;
- 2- condição CPB: $NIH = 0,0251 \pm 0,0124$ g/100L.

Discussão e Conclusões: A SP possui ótimas características de bombeamento.

Na análise das imagens obtidas com testes de visualização de fluxo não foram encontradas áreas de turbulência ou estagnação de fluxo na saída, entrada e na área do topo dos filetes de rosca da bomba

A hemólise causada pelo equipamento é uma característica muito importante e deve ser

estudada em detalhes para cada novo projeto. No entanto diversos fatores podem alterar os resultados, tais como: tipo e volume de sangue utilizado, período e temperatura de estocagem do sangue a ser utilizado, duração e temperatura dos testes, desenho e material utilizado nos circuitos de teste, como também as pressões e fluxos (condições) aplicadas durante os testes.

Não existe diferença estatisticamente significativa entre os valores do NIH da SP e os valores encontrados na literatura^{2,4} para as bombas Capiox e BP-80, em testes com o mesmo tipo de sangue e condições de teste semelhantes ($p > 0,05$). Porém a SP tende a apresentar menor NIH para elevadas vazões (5L/min) e baixas pressões (100 mm Hg).

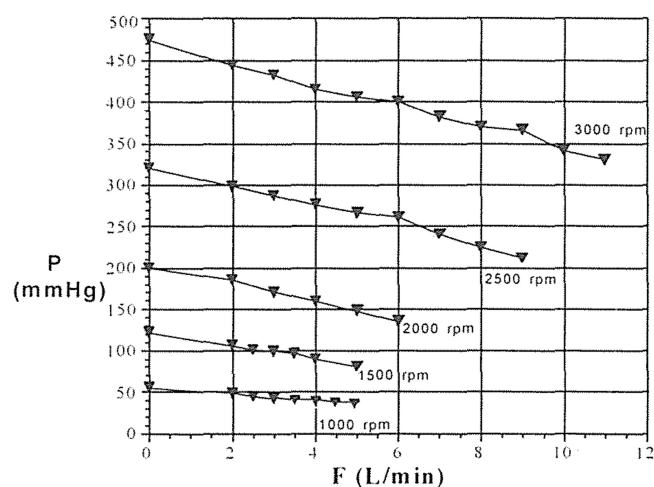


Figura 2. Relação entre diferença de pressão antes e após a bomba (P) e fluxo bombeado (F).

Referências:

1. Lynch MF, Peterson D, Baker V. Centrifugal blood pumping for open heart surgery. *Minnesota Medicine* 1978; 536-7.
2. Nishida H, Yamaki F, Nakatani H, Endo M, Koyanagi H, Oshiyama H, Horiuchi K, Kijima T, Nojiri C, Fukasawa H, Akutsu T. Development of the Terumo Capiox centrifugal pump and its clinical application to open heart surgery: a comparative study with the roller pump. *Art Organs* 1993; 17(5):323-7.
3. Ohara Y, Makinouchi K, Orime Y, Tasai K, Naito K, Mizuguchi K, Shimono T, Damm G, Glueck J, Takatani S, Noon GP, Nosé Y. An ultimate, compact, seal-less centrifugal ventricular assist device: Baylor C-Gyro pump. *Art Organs* 1994; 18(1):17-24.
4. Joyce LD, Kiser JC, Eales F, King RM, Toninato CJ, Hansen J. Experience with the Sarns centrifugal pump as a ventricular assist device. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 1990;36:M619-23.