

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTEGRADO PARA  
ANÁLISE DE FLUXO SANGÜÍNEO INTRA-OPERATÓRIO

R. Moraes & S. J. Calil\*

**RESUMO** - Durante as cirurgias de reconstrução vascular periférica, devem ser realizados exames para a avaliação do fluxo sangüíneo e a detecção de erros técnicos que, caso não corrigidos, resultarão na necessidade de nova intervenção cirúrgica. É possível a realização desses exames com emprego de ultra-som Doppler. A partir da forma de onda da velocidade do fluxo sangüíneo obtida com um Doppler onda contínua (CW) e a detecção de QRS, através de dispositivo adequado, pode-se calcular índices paramétricos que permitam avaliar o implante. O presente trabalho propõe um sistema microcomputadorizado dedicado para amostragem e processamento de sinais Doppler, permitindo armazenar os dados relativos aos pacientes e os resultados do processamento em discos flexíveis, assim como sua impressão.

**INTRODUÇÃO**

Durante cirurgias de revascularização periférica, ou seja, implante de um "bypass" para assegurar a normalidade da perfusão sangüínea deficitária, devido a obstruções arteriais, é de grande importância a verificação do comportamento do fluxo do enxerto venoso ou prótese vascular. Tal acompanhamento possibilita a detecção de erros técnicos que podem ocorrer durante a cirurgia, salvaguardando assim o paciente de uma nova intervenção cirúrgica que possa lhe trazer riscos de perda do membro ou mesmo de vida (Whittemore et al.; 1981).

Atualmente, o método mais confiável empregado para tal finalidade é a arteriografia intra-operatória. Este método, entretanto, provê apenas uma imagem bidimensional que fornece poucas informações quanto à dinâmica do fluxo, podendo falsear a gravidade de uma obstrução (Baird et al.; 1980). Soma-se a estes fatores a característica de ser invasivo, caro, não passível de freqüentes repetições e trazer riscos ao paciente - exposição a raios-X e gangrena (Salles-Cunha et al.; 1979).

No Brasil, normalmente, a avaliação do fluxo após implante de prótese limita-se ao apalpamento da artéria distal durante a cirurgia. Tal metodologia permite apenas detectar a presença ou não de fluxo sangüíneo, sem que se possa extrair dados quanto ao seu regime (laminar ou turbulento). No entanto, tal informação é bastante importante para a detecção de erros técnicos. Tem-se ainda, que a presença de turbulência no fluxo pode ocasionar

-----  
Aluno de Pós-Graduação, Depto. de Eng. Biomédica, Faculdade de Engenharia Elétrica, UNICAMP.

\* Professor Doutor do Depto. de Eng. Biomédica, Faculdade de Engenharia Elétrica e Pesquisador do Centro de Eng. Biomédica, UNICAMP, CP 6040, 13081 Campinas, SP.

estenose na região do implante (Smith et al.; 1972), implicando na necessidade de uma nova cirurgia.

Uma técnica alternativa para tal avaliação é o ultra-som Doppler que se afirma como um dos métodos mais baratos e simples para avaliação de fluxo (Berstein; 1985), sendo não invasivo e podendo ser empregado de forma repetitiva.

Com o objetivo de propor uma metodologia empregando a técnica de ultra-som que não apresentasse as restrições encontradas na arteriografia, foi desenvolvido no Centro de Engenharia Biomédica da UNICAMP (CEB) um sistema baseado em um microcomputador PC cujo diagrama de blocos se encontra na figura 1 (Freire e Calil; 1988). Este sistema, mostra sinais provenientes de um equipamento ultra-sônico de ondas contínuas e de um monitor cardíaco, por meio de uma placa de conversão analógico-digital (A/D). As formas de onda correspondentes a estes sinais são apresentadas no monitor de vídeo do PC para análise do operador que irá inicializar o processamento através do teclado. O programa desenvolvido neste sistema fornece a promedição das curvas de velocidade de fluxo obtidas juntamente com o cálculo de 6 índices paramétricos: índice de pulsatilidade, tempo de subida, atraso eletro-mecânico, quociente de amortecimento proximal, largura de fase de fluxo sistólico e tempo de subida da fase de fluxo sistólico (Schlindwein; 1982). Os resultados são então apresentados no vídeo para avaliação, podendo ser armazenados em disco flexível ou serem impressos.

O cálculo dos índices paramétricos permite que o sistema desenvolvido seja também empregado em diagnóstico não invasivo da circulação periférica dentro das limitações já discutidas por diversos autores (detecta com precisão apenas obstruções da luz do vaso acima de 50% com Doppler CW) (Johnston et al.; 1976 / Evans et al.; 1983 / Sherriff et al.; 1982).

Apesar do sistema descrito ter apresentado resultados bastante satisfatórios nas aplicações clínicas, o mesmo revelou acentuadas deficiências quanto a sua operacionalidade devido à necessidade de utilização de diversos equipamentos (ultra-som, monitor cardíaco e o micro-computador PC.). Houve dificuldades para o seu deslocamento, além da ocupação de muito espaço junto à mesa de cirurgia. Temos ainda, que um microcomputador alocado na sala de cirurgia para esta finalidade, iria se encontrar sub-utilizado.

O objetivo do presente trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema microcomputadorizado dedicado que contenha embutido um aparelho de ultra-som CW e um detector de QRS. Dentre as vantagens oferecidas estão: a operacionalidade, a adequação ao ambiente de trabalho e a redução significativa de custos.

#### MATERIAL E MÉTODOS

O sistema desenvolvido divide-se em cinco blocos funcionais como esquematizado na figura 1; onde no lugar do monitor cardíaco teremos o detector de QRS, sendo os demais blocos constituídos pelo ultra-som direcional de ondas contínuas (CW), placa de conversão A/D, CPU e dispositivos de entrada e saída de dados.

A placa de conversão A/D é de oito bits, multiplexada entre dois canais. Um dos canais mostra o sinal Doppler e, o outro, o

sinal do detector de QRS. A medida que as entradas analógicas são convertidas em dados digitais, sinais de interrupção são enviados à CPU para que esta, após processamento adequado, transfira os dados para a memória de vídeo, apresentando as formas de onda dos sinais amostrados. Tendo em vista que a maior frequência presente nos sinais digitalizados é de 40 Hz, uma taxa de amostragem de 250 Hz foi utilizada.

A CPU é baseada no microprocessador 8088 da INTEL. Sua escolha deveu-se à velocidade de processamento, à grande gama de periféricos compatíveis facilmente encontrados no mercado nacional, bem como ao emprego do "software" já desenvolvido no projeto mencionado acima (Freire & Calil; 1988).

O circuito controlador do terminal de vídeo é baseado no CI 6845 da Motorola e foi projetado para operar apenas no modo gráfico de alta resolução, requerendo para tal 16 K de memória RAM. Esta opção deveu-se à necessidade de apresentação de formas de ondas e à simplificação obtida em relação a um circuito que também gerasse caracteres alfa-numéricos. Isto proporciona uma redução do número de componentes utilizados. Para que dados alfa-numéricos sejam apresentados no terminal de vídeo, foi codificada uma tabela de caracteres gravada em EPROM que será manipulada pela CPU para escrita na memória de vídeo.

A interface de controle de disco flexível baseia-se no integrado 8272, tendo como função o armazenamento e consulta de dados, visto que todo "software" do sistema será gravado em EPROM para melhorar a operacionalidade e aumentar sua confiabilidade. As rotinas de controle desta interface estão sendo desenvolvidas para discos flexíveis de 5 1/4" em padrão IBM 34 de dupla densidade (MFM). A formatação utilizada possibilitará o acesso aos arquivos através de qualquer microcomputador da linha PC. Isto permitirá ao usuário a consulta e a impressão de arquivos, independentemente da disponibilidade do sistema.

O teclado utilizado é de membrana com 68 caracteres, codificando os dados digitados em ASCII para serem processados pela CPU. O teclado de membrana apresenta como vantagens a redução de peso e de custo, além de evitar acúmulo de poeira nos interstícios presentes em outros modelos.

A interface de saída de dados para impressão opera serialmente em padrão RS-232C, o que permite a colocação da impressora em outro compartimento, a redução do número de equipamentos dispostos na sala de cirurgia e da intensidade de ruído.

O ultra-som CW e o detector de QRS que serão acoplados ao sistema, constituindo um equipamento único, foram desenvolvidos em projetos anteriores deste Centro.

#### RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados esperados com este projeto já foram obtidos com os testes efetuados no trabalho descrito anteriormente (Freire & Calil; 1988). Especificamente com este desenvolvimento, espera-se uma maior operacionalidade do sistema, assim como a colocação, no mercado de trabalho, de um equipamento totalmente inédito.

Sabendo-se que cerca de 18% de novas cirurgias de revasculari-

rização periférica devem-se a erros técnicos que poderiam ser evitados, através de uma avaliação intra-operatória (Whittmore et al.; 1981), pretende-se que este sistema possa participar da rotina cirúrgica de revascularização, reduzindo assim, os fatores de risco aos pacientes.

#### REFERENCIAS

- BAIRD, R.N. ; BIRD, D.R.; CLIFFORD, P.C.; LUSBY, R.J.; SKIDMORE, R.; WOODCOCK, J.P. (1980), "Upstream Stenosis its Diagnosis by Doppler Signals from the Femoral Artery". Archivals of Surgery, Volume 115, pages 1316-1322.
- BERNSTEIN, E. F. (1985), Noninvasive Diagnostic Techniques in Vascular Disease, The C. V. Mosby Co., 3rd ed., USA.
- EVANS, D. H.; MACPHERSON, D. S.; BELL, P. R. F. (1983), "A Comparison of Three Methods of Analysis of Ultrasonic Doppler Waveforms Recorded from the Common Femoral Artery of Patients with Vascular Disease", Anais do VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 7 a 10 Nov., pp. 112-117.
- FREIRE, P. C. B.; CALIL, S. J. (1988), "Avaliação Doppler Computadorizada do Fluxo Sangüíneo em Cirurgias Vasculares", Revista Brasileira de Informática em Saúde, Volume 2, Número 7, pages. 9-11.
- JOHNSTON, K.W.; TARASCHUK, T. (1976), "Validation of the Role of Pulsatility Index in Quantitation of the Severity of Peripheral Arterial Occlusive Disease". The American Journal of Surgery, Volume 131, pages 295-297.
- SALLES CUNHA, S.X.; HALBACH, R.E.; BATTOCLETTI, J.H. & SANHES JR., A. (1979), "Noninvasive Techniques in the Evaluation of the Pheripheral Circulation", Journal of Clinical Eng., Volume 4, Number 3, pages 209-220.
- SCHILINDWEIN, F.S. (1982), "Microcomputador para Análise de Sinais de Fluxo Sangüíneo Arterial Captados por Ultra-som Doppler", Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
- SHERRIFF, S.B.; BARBER, D. C.; MARTIN, T. R. P. (1982), "Use of Principal Component Factor Analysis in the Detection of Carotid Artery Disease from Doppler Ultrasound", Medical & Biological Eng. & Computing, 20: 351-356.
- SMITH, R.L.; BLICH, E.F.; COALSON, J.; STEIN, P.D. (1972), "Trombus Production by Turbulence", Journal of Applied Physiology, volume 32, Number 2, pages 261-264.
- WHITTEMORE, A.D.; CLOWES, A.W.; COUCH, N.P.; MANNICK, J.A. (1981) "Secondary Femoropopliteal Reconstruction", Annals of surgery, Volume 193, pages 35-42.

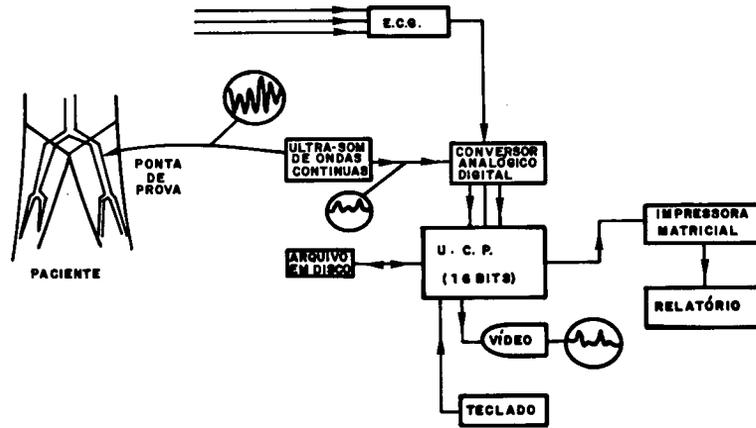


Figura 1. Esquema do Sistema de Avaliação de Fluxo Sanguíneo.

DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED SYSTEM  
FOR PER-OPERATORY BLOOD FLOW ANALYSIS

ABSTRACT - During reconstructive vascular surgery it must be accomplished examination to verify the blood flow behaviour to detect problems such as technical errors and vascular impedance. This evaluation may prevent the need of a new surgical intervention. The velocity waveform produced by a CW Doppler ultrasound equipment and the detection of the QRS complex are used to calculate a total of parameters. These data can give the surgeon a good idea about the blood flow condition within the anatomical region. The present work is proposing a dedicated microcomputerized system to sample and process, in real time, Doppler signals and the QRS complex. The results can be either shown on the video display or stored on floppy disk and/or printed.