

SISTEMA MICROCOMPUTADORIZADO PARA ANÁLISE AUTOMÁTICA DO ELETROCARDIOGRAMA DE ESFORÇO

por

L.C. CARVALHO¹, L.F. RICARDO², D.Y. SOUZA³, H.A. MONTEIRO³, P.D.L. MACHADO³

RESUMO -- Este trabalho descreve o desenvolvimento de um sistema para a análise automática do eletrocardiograma (ECG) de esforço, usando microcomputador compatível IBM PC. O sistema é constituído por um amplificador de ECG de três canais, um conversor A/D de 12 bits/16 canais e pelos programas de aquisição e processamento dos sinais. O programa de aquisição permite configurar protocolos, entrar dados cadastrais do paciente, visualizar em tempo real um canal de ECG e a frequência cardíaca, na tela de um monitor de alta resolução. Ao fim de cada fase de esforço 15 segundos dos três canais de ECG são inicialmente mostrados na tela para controle da qualidade dos dados que são, posteriormente, gravados em disco. Um programa de processamento processa os sinais para medir os parâmetros de interesse em cada fase, gerando um relatório final, contendo as medidas obtidas e as conclusões diagnósticas. Resultados preliminares obtidos em experimentos pilotos indicam que o sistema tem uma performance bastante satisfatória.

INTRODUÇÃO

O ECG de esforço é hoje uma técnica universal, amplamente utilizada, sendo um dos poucos métodos não invasivos disponíveis para o diagnóstico de isquemia miocárdica (Ellestad, 1984, Braunwald, 1984, Duarte, 1986). A execução da prova de esforço realizada em esteiras ou bicicletas ergométricas, envolve a obtenção de uma a doze derivações de ECG (Simoons, 1981), em diversas fases, desde o repouso até a exaustão, e posterior recuperação do indivíduo. A análise do ECG das diversas fases pode trazer valiosas informações, tais como depressão do segmento ST, diminuição da amplitude do complexo QRS e outras alterações, que podem permitir o diagnóstico da isquemia. O exame é complexo e a análise do ECG das

¹-Professor do Departamento de Fisiologia e Patologia da UFPb, professor do CMEB da UFPb, pesquisador do NETEB.

²-Aluno do Mestrado de Engenharia Biomédica da UFPb.

³-Aluno de Informática da UFPE, Bolsista de Iniciação Científica do CNPq.

diversas fases, bastante trabalhosa. No Brasil a prova de esforço ainda não se beneficiou do desenvolvimento tecnológico existente na área, pelo menos em larga escala. Os equipamentos computarizados existentes para tal fim são importados e de custo muito elevado, tornando o acesso a esta tecnologia muito limitado. O presente trabalho trata do desenvolvimento de um sistema para a análise do ECG de esforço, baseado em microcomputadores, amplamente disponíveis no mercado nacional, com a capacidade de fazer a aquisição e o processamento automático dos sinais, usando um protocolo que pode ser escolhido entre vários disponíveis. A configuração mínima para o sistema exige, além do conversor A/D e do amplificador de ECG de três canais, um microcomputador XT (clock de 8MHz) com 640 Kbytes de memória, um drive de 360 Kbytes, um Winchester de 20 Mbytes, teclado e um monitor de alta resolução padrão Hercules.

MATERIAL E MÉTODOS

Um amplificador de ECG de três canais foi implementado com amplificador res operacionais de baixo nível de ruído, baixa tensão de alimentação (± 3 volts) e baixo consumo. A faixa de passagem dos amplificadores foi escolhida para frequências de corte entre 0.1 e 50 Hz. O amplificador é bastante compacto podendo ser colocado próximo ao tórax do paciente, minimizando a captação de ruídos e artefatos de movimentação. Um conversor analógico digital de 12 bits/16 canais é utilizado para fazer a conversão A/D do sinal de ECG.

O software conta com dois programas distintos: um programa de aquisição e um programa de processamento. O programa de aquisição possui menús de configuração que possibilitam ao usuário a escolha do protocolo a ser utilizado no teste de esforço (Bruce, Ellestad, etc), ou qualquer protocolo definido pelo próprio usuário. Após a escolha de um protocolo, ou a aceitação do protocolo "default", os dados cadastrais do paciente são digitados. Durante a execução do teste a aquisição do sinal se faz em duas etapas distintas. No período de simples monitorização apenas um canal aparece, de forma contínua, na tela do monitor de alta resolução. A frequência de amostragem é de 100 amostras/s para permitir, em tempo real, a detecção do QRS, visualização do sinal de ECG e da frequência cardíaca no monitor de vídeo. A figura 1 mostra uma tela típica desta etapa do exame.

Ao fim de cada fase de esforço, o contador de tempo do sistema interrompe, automaticamente, o modo de monitorização, iniciando o modo de aquisição dos três canais. Neste modo, a aquisição de 15 segundos do sinal de ECG dos três canais é feita com uma frequência de amostragem de 200 amostras/s, aparecendo na tela do monitor (figuras 2a e 2b). Após a validação dos dados, o sinal é gravado em disco. Para cada fase mede-se a pressão arterial e digita-se o seu valor no terminal. Este processo é repetido para todas as fases do teste de esforço.

Os sinais acumulados em disco pelo programa de aquisição são processados pelo programa de processamento final. Em uma primeira fase este programa faz o pré-processamento dos sinais visando obter um complexo PQRST para cada canal e cada fase. Ele

consta da detecção dos complexos QRS e aplicação de um algoritmo de mediana para a obtenção do complexo PQRST. O algoritmo de mediana se encarrega de remover as variações de linha de base, e outros ruídos, geralmente presentes no sinal (Zisserman, 1983, Carvalho, 1989). As figuras 3a e 3b representam os resultados obtidos com esta técnica. Após o pré-processamento o programa determina os pontos fiduciais do ECG, tornando possível a medida dos parâmetros de interesse: duração do QRS, desvio do segmento ST, integral ST, amplitude da onda R, amplitude da onda S. Outros parâmetros derivados são também calculados: duplo produto, consumo de oxigênio estimado, trabalho realizado em cada fase, etc. Um editor de texto, incorporado ao programa permite digitar observações relativas ao exame e conclusões diagnósticas finais. Este programa gera também um relatório final para impressão.

RESULTADOS

Um conjunto de experimentos pilotos foi realizado para o teste dos módulos de software desenvolvidos. Nestes experimentos três derivações foram obtidas (II, V2 e CM5) para um indivíduo normal: em repouso, em cinco diferentes fases de exercício e em duas fases de recuperação. Os testes foram conduzidos numa esteira ergométrica, seguindo o protocolo de Ellestad. As figuras mostradas neste trabalho são resultados relativos a estes testes. A figura 2a (FASE1) mostra o ECG dos três canais obtidos na fase de repouso e a figura 2b mostra as medianas calculadas para os três canais. A figura 3 (FASE3) representa os mesmos resultados para uma fase de esforço físico intenso durante o teste. Observa-se na figura 3a a presença de artefatos de movimentação dos eletrodos (variações da linha de base). Na figura 3b observa-se que o algoritmo de mediana corrigiu os desvios de linha de base, produzindo complexos PQRST de ótima qualidade para efetuar as medidas dos parâmetros necessários. O programa de aquisição e o pré-processamento encontram-se concluídos e forneceram bons resultados. Alguns dos algoritmos paralelização dos pontos fiduciais do ECG estão em funcionamento e outros estão sendo desenvolvidos ou melhorados, visando obter um processamento automático o mais confiável possível.

CONCLUSÕES

O presente trabalho descreve um sistema para a análise do ECG de esforço que se encontra em fase final de desenvolvimento, baseado em microcomputadores de fácil aquisição no mercado nacional. O sistema permite automatizar a análise do ECG de esforço, possibilitando a obtenção de resultados de forma mais rápida e precisa. Os resultados preliminares obtidos em experimentos pilotos, alguns dos quais mostrados neste trabalho, tem sido plenamente satisfatórios.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq o apoio financeiro para o projeto e a concessão de três bolsas de iniciação científica.

FC = 125 b/n

PROTOCOLO: BRUCE

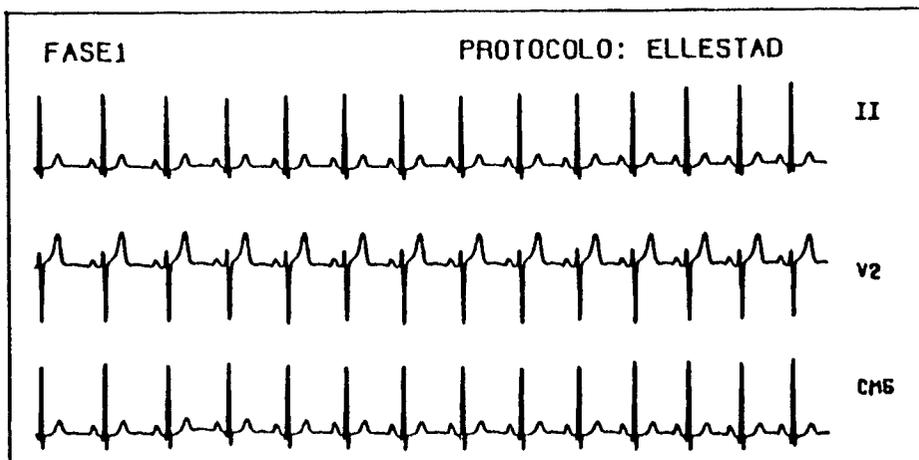


FASE 1

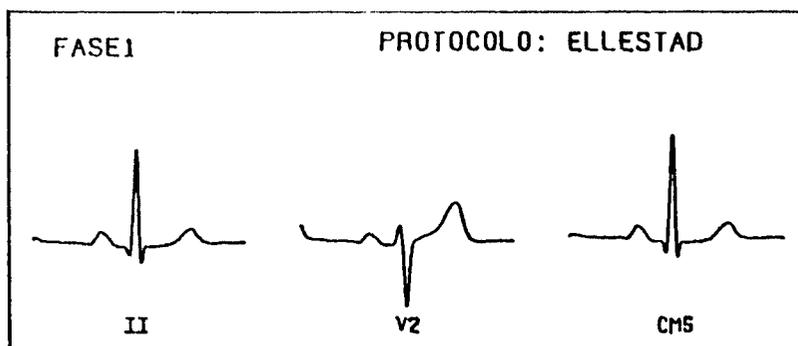
DERIVACAO: II

MINUTOS: 1:30

Figura 1. Tela típica da fase de aquisição, durante a monitorização do ECG.

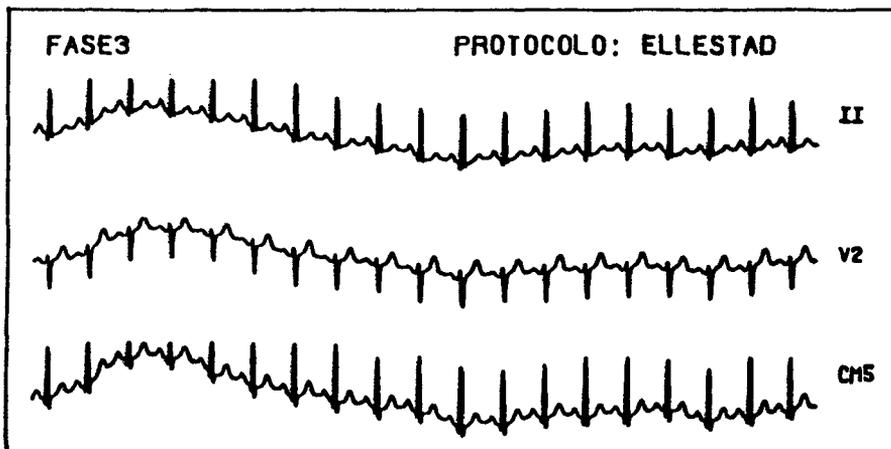


(a)

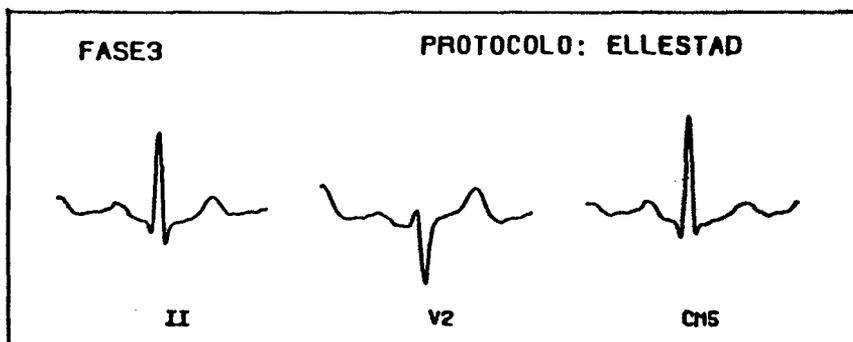


(b)

Figura 2. Em (a) 15 segundos do sinal de ECG obtido na fase de repouso. Em (b) a medida dos três canais.



(a)



(b)

Figura 3. Em (a) sinal dos três canais obtidos em uma fase de esforço físico intenso. Em (b) a mediana dos três canais

REFERÊNCIAS

- BRAUNWALD, E. (1984) Heart Disease. A Textbook of Cardiovascular Medicine. W. B. Saunders Company, Philadelphia, USA.
- CARVALHO, L. C. et al (1989) "Sistema para Aquisição e Processamento de Sinais Hemodinâmicos Usando Microcomputador Compatível com IBM PC", RBE Caderno de Engenharia Biomédica, volume 6, número 2, páginas 38-45.
- DUARTE, G. M. (1986) Ergometria. Bases da Reabilitação Cardiovascular. Editora Cultura Médica, Rio de Janeiro, Brasil.
- ELLESTAD, M. H. (1984) Prova de Esforço (2a. edição). Editora Cultura Médica, Rio de Janeiro, Brasil.
- SIMOONS, M. L., BLOCK, P (1981) "Toward the Optimal Lead System and Optimal Criteria for Exercise Electrocardiography", The American Journal of Cardiology, volume 47, pages 1366-1373.
- ZISSERMAN, D. et al (1983) "Cardiac Catheterization and Angiographic Analysis Computer Applications", Progress in Cardiovascular Diseases, volume XXV, Number 5, pages 409-434.

A MICROCOMPUTER SYSTEM FOR THE AUTOMATIC ANALYSIS OF EXERCISE ELECTROCARDIOGRAMS

ABSTRACT -- This paper describes the development of a system tailored to perform automatic analysis of exercise electrocardiograms, using IBM PC alike computers. The system comprises a three channel ECG amplifier, a 12 bit/16 channel A/D converter, acquisition and processing software. The acquisition program allows for system configuration to fit a given protocol, patient data input, real time display of both, ECG signal and heart rate, in a high resolution monitor. At the end of each exercise step 15 seconds of the three channels ECG are displayed in the screen, for quality control, and to save a file on a hard disk. A processing program processes the signals in order to measure the various parameters of interest. This program also generates a final report containing the measurements and final diagnostic conclusions. Preliminary results obtained in experiments with a training set show a good system performance