

SISTEMA INTERATIVO DE CLASSIFICAÇÃO DE POTENCIAIS DE AÇÃO

por

M. C. RÉGIS¹ e A. F. KOHN²

RESUMO - Em reconhecimento de padrões geralmente a etapa crucial é a escolha dos atributos para representar os padrões. Há vários métodos para seleção e extração de atributos que necessitam de um conjunto de padrões pré-classificados. O sistema de classificação desenvolvido tem por finalidade a geração de arquivos de potenciais de ação com a classificação efetuada pelo operador viabilizando a formação de um banco de dados. O sistema deverá ser muito útil para trabalhos futuros relativos à classificação de potenciais de ação de unidades motoras para fins clínicos.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem havido um grande esforço em introduzir o computador nos exames de eletromiografia. Um dos exames importantes dentro da eletromiografia é aquele em que se examinam características de potenciais de ação de unidades motoras captados através de eletrodos de agulha (Stalberg et al, 1986). Para que os potenciais de ação sejam detectáveis individualmente, sem sobreposições, a contração muscular deve ser fraca. Este exame é tradicionalmente realizado pelo especialista utilizando-se, além de amplificador e filtros, um osciloscópio e um monitor de áudio. A isolamento dos potenciais de ação é feita manualmente com o auxílio do controle de nível e polaridade de disparo do próprio osciloscópio. Em adição, o som também é utilizado para caracterizar o tipo do potencial de ação. Fica aparente que a metodologia tradicional:

- a) requer um treinamento muito prolongado para o médico adquirir toda a técnica e intuição necessárias para a realização e interpretação do exame;
- b) não utiliza de forma eficiente toda a informação disponível nos sinais captados, introduzindo inclusive um certo vício na amostragem.

Com a utilização do computador pode-se aumentar a eficiência de utilização de

¹-Laboratório de Engenharia Biomédica, Escola Politécnica Universidade de São Paulo

²-Laboratório de Engenharia Biomédica, Escola Politécnica e Núcleo de Neurociências e Comportamento, Universidade de São Paulo.

informação, podendo-se potencialmente reduzir o tempo do exame, o que significa uma diminuição do desconforto do paciente. A objetividade da análise computadorizada é um outro fator positivo, pois implica em uma reprodutibilidade de desempenho que não é fácil obter com um operador humano posto a analisar traçados por vezes bastante complexos.

Nosso laboratório está empenhado em desenvolver um sistema computadorizado de auxílio à eletromiografia. Tanto na fase de seleção ou extração de atributos quanto na fase de teste de desempenho do sistema, torna-se fundamental dispor-se de um banco de dados. Este deve conter uma série de registros de eletromiogramas obtidos de pacientes, onde cada registro tem todos os seus potenciais de ação de unidade motora classificados. Por classificação queremos dizer que todos os potenciais de ação similares tem a mesma classificação e potenciais de ação dissimilares tem classificação diferente.

O presente sistema foi desenvolvido com o objetivo de permitir que o pesquisador efetue a classificação manual de potenciais de ação de um registro eletrofisiológico.

DESCRIÇÃO DO SISTEMA

A Fig. 1 mostra um diagrama de blocos simplificado do sistema. A atividade elétrica muscular é captada por um eletrodo concêntrico de agulha, amplificada e filtrada analogicamente. A operação de detecção é realizada por um circuito eletrônico adaptativo (Avelino, 1990) cujo sinal de saída fornece as janelas em que ocorreu algum evento significativo. Este evento pode tanto ser um potencial de ação de unidade motora quanto algum artefato (movimentação de eletrodos ou cabos, ruídos transitórios). O sinal do detector juntamente com o eletromiograma são convertidos para forma binária através de um conversor A/D de 10 bits da Lynx S/A (São Paulo, Brasil). Vários sub-programas, compondo o que chamaremos de programa, escritos em Pascal, fazem parte do sistema, cada um tendo uma finalidade específica.

DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Como características básicas, o programa apresenta:

- **velocidade alta**, para que arquivos contendo centenas de eventos possam ser analisados sem muito dispêndio de tempo pelo operador;
- **versatilidade alta e facilidade de operação**, para agilizar o processo de classificação;
- **boa estruturação**, para facilitar eventuais alterações futuras no programa;
- **utilização não excessiva de memória**.

Para satisfazer tais características, o sistema foi elaborado com os seguintes detalhes:

- (1) Arquivo de trabalho e de saída de acesso aleatório (sufixo .CLA) composto por N+15 linhas, com N=número de eventos. O evento 1 é armazenado na linha 1, o evento 2

na linha 2 e assim sucessivamente até o evento N. Cada linha de 1 a N é composta por um vetor de 405 posições, sendo as posições de 0 a 3 reservadas para a classificação do evento, a posição 4 para a ordem de ocorrência do evento e as posições restantes (5 a 404) para as amostras do evento. A linha 0 contém informações acerca do processamento, como o número de eventos analisados e fatores de amplificação dos protótipos. As linhas de N+1 a N+15 armazenam os protótipos escolhidos pelo usuário durante o processamento (Fig. 2a). Com esta implementação tem-se um arquivo versátil, onde cada linha contém o máximo de informação acerca do evento correspondente ao número da linha.

- (2) Para a fácil operação dos sub-programas, optou-se pelo uso de teclas com funções pré-definidas. A tela é dividida em 3 áreas (Fig. 2b):
- Área 1: com capacidade para 6 (3) janelas de 200 (400) pontos cada. Esta é a área em que são introduzidos os eventos, de 6 em 6. Uma dada janela pode ser sinalizada por um cursor móvel e sua classificação pode então ser escolhida pelo operador.
 - Área 2: com capacidade para 10 (5) janelas de 200 (400) pontos cada. Nesta área é que são apresentados os protótipos ou classes escolhidos pelo usuário.
 - Área 3: reservada para a apresentação de textos e mensagens.
- (3) Utilização de uma Unit (COMUM.TPU) contendo as variáveis, constantes e subrotinas comuns aos 4 programas. A criação desta Unit, além de significar uma economia de espaço de memória, facilita o processo de aprimoramento do programa. Compõe esta Unit as seguintes subrotinas:
- * SetGráfico: recebendo do programa usuário as amostras de um evento, apresenta-o na tela em forma gráfica, em janela de 200 ou 400 pontos, plotando ainda sua classe, número de ocorrência e fator de amplificação.
 - * SearchPadrão: procura no arquivo uma classe particular, plotando os eventos pertencentes a tal classe sequencialmente.
 - * PiscaPA: responsável pela movimentação do cursor.
 - * Contagem: realiza a contagem de eventos por classe.

Passaremos agora à descrição de alguns aspectos específicos de cada programa:

INTERAT1: é o sub-programa responsável pela criação do arquivo de sufixo .CLA a partir de arquivos binários tipo .DAT que contém os eventos na forma sequencial. Interat1 identifica o início e o fim de cada evento, montando para cada evento assim identificado uma linha, conforme já exposto acima. Eventos com menos que 400 amostras tem uma última amostra repetida até o preenchimento das 400 posições reservadas para as amostras. Eventos com mais que 400 amostras são classificados automaticamente como longos demais (rótulo "L") e não serão considerados dentro deste bloco de programas. O sub-programa utiliza as matrizes M2, que contém os 6 eventos mostrados na área 1 da tela, e Saída, que armazena os protótipos até agora escolhidos pelo usuário. Optou-se por esta configuração para limitar-se os acessos ao disco, o que tornaria o processo mais lento.

CLASSR1: além da estrutura já citada em Interat1, este programa possui ainda a matriz SaídaR1 responsável pelo armazenamento dos protótipos extendidos (com mais de 200 amostras e menos que 400).

- CLASSR2:** segue a estrutura básica de Interat1 embora permita múltiplas classificações para um mesmo evento, o que é necessário quando ocorrer uma sobreposição de dois (ou mais) potenciais de ação.
- FINAL:** através deste sub-programa, as informações conti das nas linhas do arquivo tipo .CLA são colocadas à disposição do usuário através da tela do monitor e da impressora gráfica.

DESCRIÇÃO DO MODO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA

A descrição da operação do sub-sistema de captação e detecção de potenciais de ação sai fora do escopo deste artigo e pode ser encontrado em Avelino (1990). Partimos já de um arquivo com eventos isolados (arquivo com terminação DAT).

Como já mencionado, o programa INTERAT1 serve para classificar eventos com até 200 amostras. Os 6 primeiros eventos do arquivo DAT (Fig. 3) são mostrados no topo da tela, "área de eventos", sendo que as restantes 10 janelas, "área de protótipos", são reservadas para os protótipos de classes que forem sendo selecionados, cada classe com um protótipo. Um protótipo é escolhido dentre os potenciais de ação apresentados nas janelas ao topo da tela. Ele deve ser julgado representativo e de preferência não contendo sobreposições de outros potenciais. Caso haja algum evento com mais que 200 e menos que 400 amostras, o programa automaticamente o classifica como pertencente à classe R1, como visto na primeira janela da Fig. 3. Para classificar estes eventos deve-se utilizar o programa CLASSR1 que utiliza uma tela com janelas duas vezes mais longas para poder-se visualizar todo o evento. A escolha de protótipos é feita com o auxílio de um cursor. Tão logo é escolhido um protótipo, ou seja uma classe de evento, este aparece desenhado na parte adequada da tela e o evento de origem recebe um número no canto superior esquerdo indicando a sua classificação. Quando um evento for semelhante a um protótipo já criado atribui-se este evento à classe que o protótipo representa. Pode-se, de qualquer ponto do arquivo, passar para os próximos 6 eventos, passar para os 6 eventos anteriores ou ainda para para qualquer evento que se desejar especificar. Todas as operações são rápidas e simples de efetuar. Caso haja algum evento de amplitude pequena, pode-se amplificá-lo, aparecendo na janela do evento o fator de amplificação. Qualquer protótipo pode ser trocado a qualquer instante, caso julgemos um novo evento mais adequado para tal fim. A classificação de qualquer evento pode ser modificada a qualquer passo dos procedimentos. Pode-se obter, sempre que desejado, o número de eventos que foram atribuídos a cada classe até aquele instante, bem como a visualização de todos os eventos classificados igualmente. Quando há dúvidas quanto à classificação de um evento, por exemplo, devido a sobreposições de potenciais de ação, o operador deve classificá-lo como R2, para depois poder ser classificado pelo programa CLASSR2. O programa INTERAT1 não precisa ir até o final do arquivo de dados DAT. Pode-se encerrar a sessão e voltar a ela no dia seguinte sem ter que recommear toda a classificação outra vez uma vez que todas as atribuições anteriores foram armazenadas no arquivo CLA utilizado no dia anterior. O programa permite a aglutinação de duas classes quaisquer, fazendo automaticamente a reclassificação dos potenciais de ação na nova classe.

O programa CLASSR1 serve para se efetuar a classificação de eventos com duração entre 200 e 400 amostras e por isto apresenta cada evento com janela de dupla duração (Fig. 4). Pode-se tanto visualizar os protótipos curtos (até 10), quanto os longos que forem criados pelo presente programa (até 5). Neste programa pode-se fazer múltiplas atribuições, como visto na primeira janela da Fig. 5, onde o evento é aparentemente composto de três potenciais de ação (semelhantes, na ordem, aos protótipos número 4, 1 e 2) e portanto a atribuição tem que ser para os três. A segunda janela contém um evento de difícil classificação e pode ser classificado como rejeito final RF.

O programa CLASSR2 serve para classificar eventos de tamanho normal que tenham suscitado dúvida por ocasião do uso do programa INTERAT1. Com este programa pode-se classificar eventos de tamanho menor que 200 amostras contendo sobreposição de potenciais de ação, isto é, permite múltiplas atribuições a um mesmo evento.

O programa FINAL permite se obter a impressão de todos os eventos com a sua respectiva classificação, conforme exemplificado na Fig. 5.

CONCLUSÃO

O sistema foi concebido para o usuário poder i efetuar facilmente suas aquisições de dados, ii visualizar à vontade o arquivo de eventos, iii efetuar e trocar atribuições ao seu bel prazer.

Acreditamos ter conseguido satisfazer razoavelmente os três quesitos acima. O desempenho do sistema foi considerado bom por diferentes pessoas que o utilizaram. Como ocorre em quase tudo que se desenvolve em engenharia ou outras áreas, o sistema pode ser melhorado, mas achamos que o desempenho está compatível com a utilização desejada que é a de ser uma ferramenta de auxílio ao desenvolvimento de um sistema de eletromiografia computadorizada.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho faz parte de um projeto de pesquisa que conta com o financiamento do CNPq ao qual estendemos nossos agradecimentos.

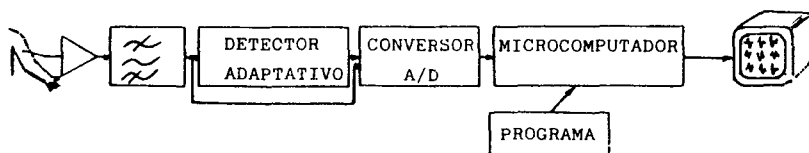


Figura 1. Diagrama em blocos do sistemas.

	0	1	2	3	4	5	.	.	.	404
0	X	N	X	X	FATORES DE AMPLIFICAÇÃO					
1	CLASSIFIC.				N_1	AMOSTRAS				
:	.	.	.	.		.	.	.	.	.
:	CLASSIFIC.				N_N	AMOSTRAS				
:	.	.	.	.		.	.	.	.	.
N+15	CLASSIFIC.				N_x	AMOSTRAS				

(a)

ÁREA 1
ÁREA 2
ÁREA 3

(b)

Figura 2. Estruturas de Arquivo (a) e de tela gráfica (b).

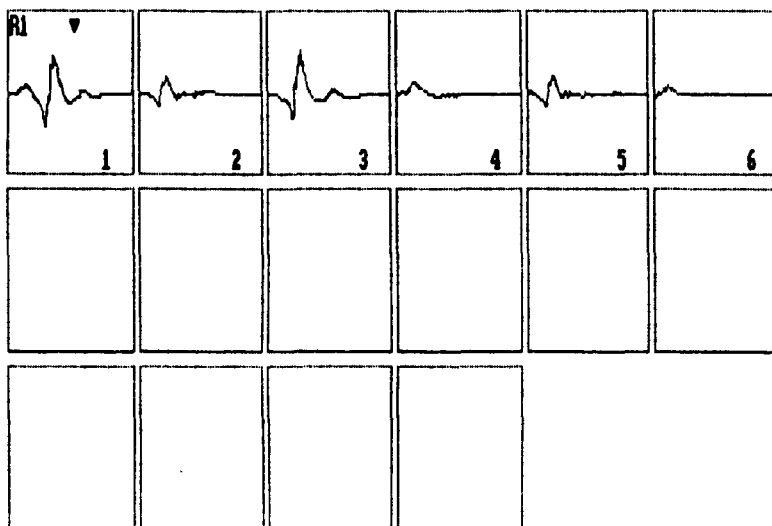


Figura 3. Exemplo de uma tela gerada pelo sub-programa INTERATI.

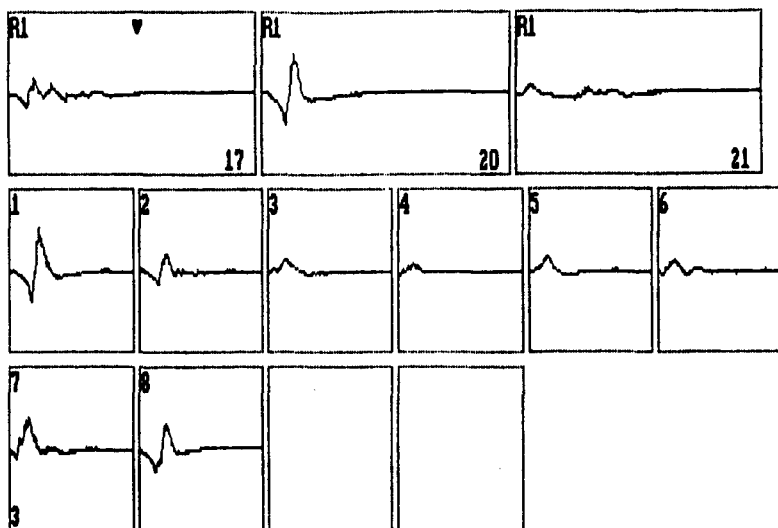


Figura 4. Exemplo de uma tela gerada pelo sub-programa CLASSR1.

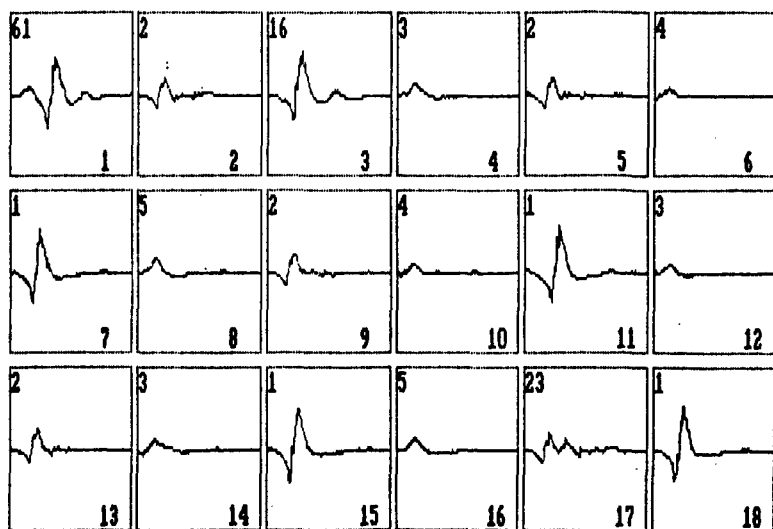


Figura 5. Exemplo de uma tela gerada pelo sub-programa FINAL

REFERÊNCIAS

- AVELINO, V.F. (1990), "Sistema de detecção e classificação para eletromiografia clínica", Tese de Mestrado em preparação, Escola Politécnica da U.S.P.
- STALBERG, E., ANDREASSEN, S., FALCK, B., LANG, H., ROSENFALCK, A. e TROJABORG, W. (1986), "Quantitative analysis of individual motor unit potentials: a proposition for standardized terminology and criteria for measurement", J. Clin. Neurophysiol., volume 3, number 4, pages 313-348.

INTERACTIVE SYSTEM FOR THE CLASSIFICATION OF ACTION POTENTIALS

ABSTRACT – One of the most important tasks in pattern recognition is the choice of features to represent the patterns. There are many feature selection and feature extraction methods that require the availability of a learning set. The paper describes a system that was developed to help build such a learning set by allowing the human being to classify each action potential in a given train. The system should be of much help in future work dealing with the classification of motor unit action potentials for clinical applications.