

PROGRAMA PARA LA SIMULACION DE LA GENERACION DEL
ELECTROCARDIOGRAMAPrieto, F. y Juárez J.

Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa

RESUMEN

Se presenta un programa que, mediante un arreglo de células miocárdicas simuladas, ilustra al estudiante la generación del electro, y permite realizar algunos "experimentos" interesantes.

INTRODUCCION

De acuerdo con las teorías generalmente aceptadas, los potenciales eléctricos que es posible registrar en la superficie del cuerpo en función de la actividad eléctrica del corazón son debidos a la formación de dipolos entre las células miocárdicas "activas" desde el punto de vista electrofisiológico (es decir aquellas en las que está ocurriendo el fenómeno conocido como potencial de acción) y sus vecinas "inactivas" (es decir aquellas en las cuales el potencial transmembrana es el denominado "de reposo").

Las corrientes iónicas que tienen lugar entre las células con diferente potencial transmembrana son capaces de excitar a las células vecinas cuando en alguna célula se produce un potencial de acción. Lo anterior explica la propagación del estímulo eléctrico.

En forma muy simplificada puede dividirse el ciclo eléctrico de toda célula miocárdica en tres periodos: activo, refractario y excitable, que se suceden uno a otro y cuya duración está determinada para cada célula.

Cada célula permanece en periodo excitable por un tiempo que depende de la rapidez con la que su membrana se despolariza automáticamente, lo cual varía según su localización en el corazón, aunque la explicación del fenómeno es fisiológica. El periodo excitable termina cuando se alcanza un cierto potencial transmembrana, bien sea que se llegue a dicho umbral en forma automática, o debido a que en la vecindad inmediata exista una célula eléctricamente "activa".

La duración del periodo activo es diferente en distintas células y también depende generalmente de su localización, a

través de diferencias funcionales y metabólicas. Inmediatamente después del periodo activo, la célula queda en estado refractario, es decir no puede ser activada nuevamente sino hasta que transcurra un tiempo dado. Merced a ello es que el impulso eléctrico se propaga en forma ordenada como una onda de excitación, a las diferentes regiones del miocardio. El orden de la propagación de la excitación y de la repolarización o recuperación electrofisiológica del músculo cardíaco explica el carácter periódico del electrocardiograma.

MATERIAL Y METODO

A manera de material de trabajo, el estudiante cuenta con un arreglo cuadrado de 400 células (20 por 20), dentro del cual es posible definir cuales son células miocárdicas y cuales no lo son, con lo cual se crea una configuración arbitraria, cada célula del arreglo se identifica mediante un número entero del 1 al 400. El programa posee, en ausencia de otra, una configuración de 10 por 10 células situadas al centro del arreglo. El usuario puede definir la configuración con la que desea trabajar bien sea leyéndola de un archivo de números enteros, describiéndola por medio de bloques o rangos de números o "pintándola" por medio del cursor. Una vez definida, cualquier configuración puede ser almacenada en un archivo en disco para su uso ulterior.

El programa asigna a cada célula el tiempo que ésta permanecerá en cada estado (excitable, activo o refractario), pero éste puede ser también modificado por el usuario. La asignación de nuevos periodos puede hacerse por rangos de una o varias células, hasta la totalidad de éstas, refiriéndose a ellas por su número en el arreglo.

Existen tres puntos en el espacio que rodea al arreglo y en el mismo plano del mismo, a los que se considera como electrodos. Uno arriba y "a la derecha", otro arriba y "a la izquierda" y el otro abajo y "a la izquierda".

El algoritmo procede como sigue:

Todas las células inician en estado excitable. De allí en adelante y para cada intervalo de graficación (dt), se revisa el estado de cada una de las células de la configuración con el fin de encontrar si se han formado dipolos (entre células en estado activo y cada una de sus vecinas inmediatas en estado no activo), el potencial debido a cada dipolo en cada uno de los electrodos es sumado para calcular el potencial de cada electrodo y graficarlo con respecto a "cero". También es posible solicitar

la gráfica de la diferencia de potencial entre dos electrodos. Al mismo tiempo, en un arreglo de puntos en una esquina de la pantalla, el estado de cada célula se indica mediante el color del punto correspondiente a la localización de la misma.

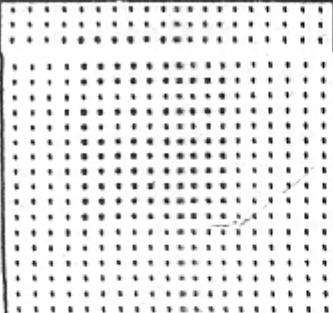
El inicio del proceso de graficación, así como la entrada a cada una de las rutinas que permiten efectuar cambios en los parámetros celulares o elegir las derivaciones electrocardiográficas se obtienen por medio de las teclas de función del teclado de la computadora, según se indica en el renglón inferior de la pantalla y en el instructivo de uso del programa. En ese mismo renglón el usuario encuentra instrucciones sencillas para el uso de cada rutina.

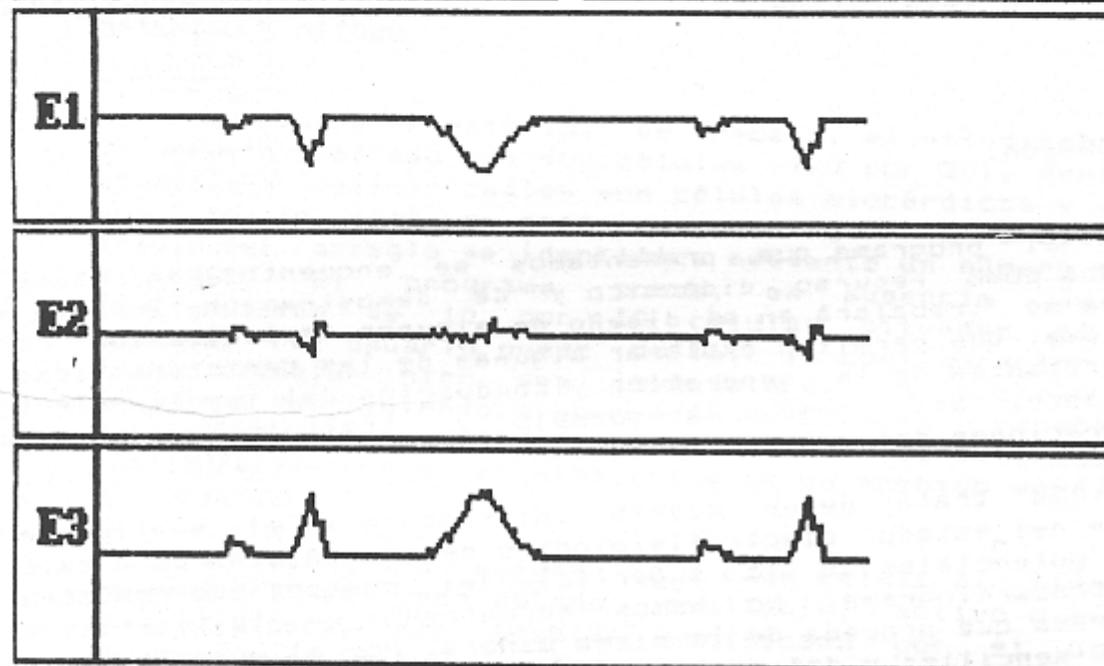
DISCUSION.

El programa que presentamos se encuentra en etapa de prueba como recurso didáctico y de demostración. Durante esta etapa se trabajará en el diseño de algunos "experimentos" con el sistema, que permitan explorar algunas de las características más interesantes de la generación y conducción del impulso eléctrico cardiaco, así como la génesis y tratamiento de algunas alteraciones del ritmo cardiaco.

Se trata de un modelo interesante en el sentido de que parte del estado electrofisiológico de las células para calcular los potenciales de la superficie del cuerpo que registra el electrocardiograma. No hemos encontrado en la literatura un programa que proceda de la misma manera. Por el momento y a pesar de su sencillez y del corto número de células, parece imitar bien algunos fenómenos electrocardiográficos, por lo que pensamos que vale la pena continuar probando su utilidad y corrigiendo algunas de sus limitaciones o sobresimplificaciones, sin que por ello se vuelva demasiado complicado.

En la figura se ilustra un aspecto de la pantalla principal durante la obtención del trazo electrocardiográfico.

	 Activa	E1: X=-250; Y=-250
	 Exc	E2: X=-250; Y= 250
	 Ref	E3: X= 250; Y= 250
		D1: E2 - E1
	D2: E3 - E2	
	D3: E3 - E1	



<F1>R<F2>AX<F3>C<F4>E<F5>ECG<F6>I<END>T