

# PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UNA BASE DE DATOS ANOTADA DE ARRITMIAS VENTRICULARES

A.R. Fernández

Instituto Central de Investigación Digital, Departamento EM1, La Habana, Cuba  
arfornes@icid.cu

## RESUMEN

En el presente trabajo se expone una propuesta para el desarrollo de una base de datos con eventos de arritmias ventriculares. Los datos de entrada son las señales de ECG que son registradas durante el uso del desfibrilador-monitor bifásico CARDIODEF 2® en los centros de salud de Cuba donde se encuentra en explotación. Se explica la importancia que reviste poseer una base de datos propia con estas características para el desarrollo y prueba de algoritmos y métodos para el análisis y clasificación de señales de ECG, que contengan eventos ventriculares asociados a episodios de paro cardíaco, con vistas al desarrollo de un desfibrilador semiautomático. Se establecen los pasos a seguir en el diseño de esta base de datos, así como los criterios de anotación y la metodología a seguir para realizar este proceso. Se proponen prestaciones y herramientas que esta base de datos debe poseer.

**Palabras claves:** *Detección de arritmias, evaluación de algoritmos, bases de datos anotados.*

## ABSTRACT

This paper presents a proposal for the development of a database with ventricular arrhythmia events. The input data are the ECG signals recorded with a biphasic defibrillator-monitor CARDIODEF 2® in Cuban health centers. It explains the importance of having a proprietary database with these characteristics for development and testing of algorithms and methods for the analysis and classification of ECG signals with ventricular events associated with episodes of cardiac arrest, for further development of a semiautomatic defibrillator. It also describes the steps in the design of this database and the annotations criteria and methodology to be followed for this process. Finally are proposed the features and tools that this database should have.

**Keywords:** *arrhythmia detection, algorithms evaluation, annotated databases.*

## 1. INTRODUCCION

Una de las principales causas de muerte en el mundo actualmente la constituyen las enfermedades cardiovasculares, siendo los episodios de muerte súbita responsables de buena parte de ellas. En la mayoría de los casos el mecanismo que desencadena la parada cardíaca es una taquicardia ventricular (TV) que progresa rápidamente hacia una fibrilación ventricular (FV). Estos episodios pueden ser revertidos si el paciente es tratado oportunamente con un choque eléctrico al corazón que interrumpa los ritmos caóticos y restituya el ritmo cardíaco normal. Los desfibriladores constituyen pues un equipo fundamental en los entornos de emergencia.

Existen diferentes tipos de desfibriladores [1]:

- Desfibriladores manuales. Requieren que el personal que los opera tenga el conocimiento médico suficiente para interpretar la señal de ECG y decidir si es adecuada o no la aplicación de una descarga eléctrica.
- Desfibriladores semiautomáticos. Realizan un análisis de la señal de ECG y determinan si el ritmo requiere de una descarga eléctrica o no. La indicación de que una descarga es necesaria se emite mediante un comando de voz y/o un mensaje de texto. Esta tecnología permite que el personal no médico, previamente entrenado, pueda operarlos extendiendo así la atención temprana a los pacientes antes de que estos arriben a los servicios de emergencia hospitalaria. En estos equipos la selección del nivel de energía así como la decisión final de aplicar la descarga la realiza el operador, sobre la base de la interpretación del ECG que realiza el equipo y de su propio entrenamiento.
- Desfibriladores automáticos. En estos equipos tanto la selección de la energía con que se va a realizar la descarga, como la realización de la descarga se realiza de manera automática, una vez que sea detectada una arritmia.

El concepto de cadena de supervivencia fue definido en 1992 por la American Heart Association (AHA) como parte de sus lineamientos para la resucitación cardiopulmonar y los cuidados durante la emergencia cardiovascular [2]. Este concepto establece el conjunto de procesos, que realizados de forma ordenada, consecutiva y en un periodo de tiempo lo más breve posible han demostrado científicamente ser los más eficientes para tratar a los pacientes con parada cardíaca. Los eslabones de la cadena de

supervivencia son los siguientes, representados en la figura 1.

- Reconocimiento rápido o detección precoz de los síntomas que indiquen peligro inminente para la vida por la ocurrencia de una parada cardíaca.
- Acceso rápido al sistema de emergencia médica.
- Resucitación rápida o apoyo vital básico. Esta intervención, realizada inmediatamente, duplica o triplica la supervivencia y es más efectiva cuando se inicia rápidamente.
- Desfibrilación rápida. La reanimación cardio pulmonar (RCP), unida a la desfibrilación en los primeros tres minutos después del inicio del episodio, incrementa la tasa de supervivencia en un 49-75 %. Por cada minuto de demora en desfibrilar, se reduce la sobrevida en un 10-15 %. Este eslabón es, por tanto, el más asociado a la supervivencia y para ello es necesario disponer de un desfibrilador automático externo (DAE).
- Rápido apoyo vital avanzado, sólo disponible en ambulancias avanzadas o unidades de terapia, por lo que es decisiva la activación inmediata del sistema de emergencia.
- Atención rápida en los cuidados intensivos definitivos.

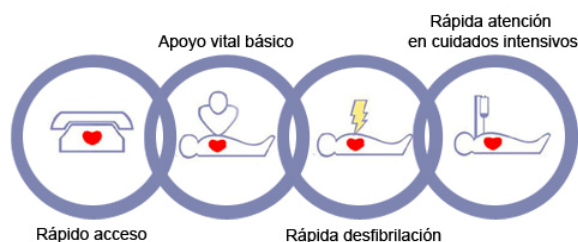


Fig. 1 Eslabones de la cadena de supervivencia. Tomado de [2]

El éxito de la desfibrilación temprana depende, en gran medida, de la precisión con que los algoritmos de interpretación del ECG, detecten los eventos de arritmia que desencadenan la muerte súbita y que recomiendan la terapia adecuada, o sea aplicar una descarga o no. Para evaluar la ejecución de estos algoritmos se emplean bases de datos anotadas, que contienen registros de ECG adquiridos de diversas fuentes, y que han sido revisados y anotados por varios cardiólogos [3]. Esta clasificación constituye la regla de oro (gold standard) contra el que se comparará la clasificación dada por los algoritmos,

generando una tabla de verdad, como la representada en la tabla I.

Tabla I  
Tabla de verdad.

Clasificación del algoritmo	Clasificación Gold Standard	
	Ritmo Desfibrilable	Ritmo No Desfibrilable
Ritmo Desfibrilable	A	B
Ritmo No Desfibrilable	C	D

La ejecución de los algoritmos se evalúa sobre la base de los criterios de sensibilidad (I) y especificidad (II) que se calculan a partir de los parámetros de la tabla de verdad. La sensibilidad muestra la habilidad del método para detectar las arritmias ventriculares que son mortales, mientras la especificidad muestra la habilidad del método para detectar ritmos o arritmias que no deben ser desfibrilados.

$$Se = A / (A + C) \quad (I)$$

$$Sp = D / (B + D) \quad (II)$$

donde: Se, sensibilidad,  
Sp, especificidad,

A (verdadero positivo), son los ritmos que requieren desfibrilación y que el algoritmo clasificó correctamente,

B (falso positivo), son los ritmos que no requiere desfibrilación y que el algoritmo clasificó erróneamente como que si la requieren,

C (falso negativo), son los ritmos desfibrilables que el algoritmo clasificó erróneamente como no desfibrilables,

D (verdadero negativo), son todos los ritmos no desfibrilables que el algoritmo clasificó como no desfibrilables.

También es importante disponer de registros de ECG debidamente anotados durante el proceso de diseño de los algoritmos, para lo cual se requiere de una base de datos distinta de la que se va a emplear para las pruebas de funcionalidad.

Existen bases de datos de ECG anotadas que constituyen estándares como son la de la American Heart Association (AHA), la del Massachusetts Institute of Technology (MIT) y de la European Society of Cardiology (ESC) [4], que ofrecen variedad de casos que pueden ser empleados duran-

te la etapa de diseño de los algoritmos y durante la fase de prueba de su funcionalidad. Sin embargo, estas bases de datos contienen relativamente pocos casos de VF o TV que requiera desfibrilación. Es por esta razón que las entidades que fabrican desfibriladores automáticos y semiautomáticos desarrollan y anotan sus propias bases de datos de ECG.

El objetivo de este trabajo es proponer el diseño de una base de datos anotada propia, orientada al desarrollo de desfibriladores semiautomáticos, así como de las herramientas y los criterios necesarios para la realización de las anotaciones por parte de los especialistas en cardiología.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

En el Instituto Central de Investigación Digital de Cuba se diseñó el CARDIODEF 2®, un desfibrilador-monitor manual bifásico destinado al personal médico, paramédico y personal lego previamente entrenado, que puede ser usado para el tratamiento externo de la FV y para cardiovertir otras arritmias severas. Este equipo posee una memoria interna que permite registrar de forma totalmente automática todos los eventos desde que es encendido. En la memoria se graban la señal de ECG del paciente y todas las maniobras ejecutadas por el operador. Para la lectura, análisis fuera de línea e impresión de estos datos tenemos a CARDIOFILE®, un software diseñado específicamente para acceder a la memoria interna del desfibrilador, mediante una interfaz USB [5,6].

CARDIODEF 2® se encuentra en explotación en varias instituciones médicas cubanas por lo que se cuenta con un significativo número de casos descargados, en los cuales se registran eventos de TV y FV. Por ello, se dispone de material suficiente para construir una base de datos que agrupe de manera organizada estos casos.

A continuación se relacionan los aspectos que se deben tener en cuenta para construir dicha base de datos a partir de los casos registrados por CARDIODEF 2® durante su explotación:

- Selección de los casos que se van a anotar.
- Definición de los criterios de anotación a emplear.
- Definición de una metodología que describa las etapas del proceso de anotación.
- Definición de las herramientas necesarias para realizar las anotaciones y almacenar los casos.

A. Selección de los casos que se van a anotar

En la memoria interna de CARDIODEF 2®, la información es registrada por el hardware del equipo

separada en casos. Cada caso recoge todos los eventos ocurridos entre un encendido y un apagado del equipo y se van almacenando en los sectores de la memoria secuencialmente en el tiempo. No todos los casos que se registran durante la operación del equipo pueden resultar de interés para formar parte de la base de datos. CARDIOFILE, cuando se comunica con el desfibrilador, muestra una tabla con los casos almacenados en él y un resumen de cada uno de ellos, lo que permite hacer una selección previa de los casos de interés siguiendo los criterios siguientes:

- que contengan descargas tanto sincrónicas como asincrónicas,
- que durante el registro de los datos los electrodos hayan estado correctamente ubicados en el paciente.

**B. Definición de los criterios de anotación que se van a emplear**

Sobre la señal de ECG pueden realizarse anotaciones a partir de diferentes criterios según se muestra en la figura 2.

Como se ha expresado anteriormente, la base de datos que se necesita está orientada al desarrollo y prueba de algoritmos para el análisis y detección de eventos ventriculares asociados a la parada cardíaca. Debido a esto los eventos que deben anotarse según el criterio de diagnóstico incluyendo solamente arritmias ventriculares.

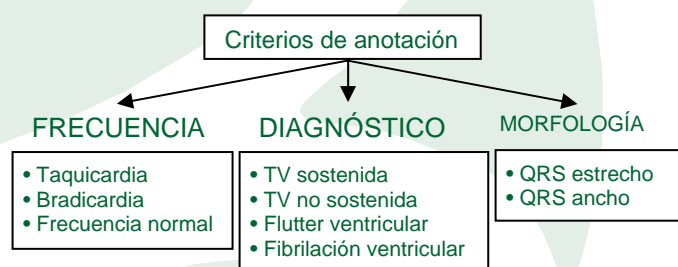


Fig. 2 Criterios de anotación propuestos

Teniendo en cuenta que no todos los eventos de TV requieren de una desfibrilación, es posible añadir a los criterios mostrados en la figura anterior, un criterio que indique que el tramo de señal que se está anotando requiere o no requiere aplicación de una descarga eléctrica.

**C. Definición de una metodología que describa las etapas del proceso de anotación**

Cada registro de ECG que se desea incluir en la base de datos debe ser analizado y anotado de manera independiente por varios especialistas en cardiología. Debido a que las anotaciones que se

realizarán sobre cada registro de ECG van a constituir el gold standard durante el desarrollo y prueba de los algoritmos, es necesario, como paso posterior al análisis individual, llegar a un consenso para cada anotación definida. Para ello se debe contar con un Comité de Expertos, integrado por varios cardiólogos, que deberán analizar para cada registro de ECG las anotaciones previas realizadas por los especialistas. Cada anotación definitiva de la señal de ECG debe estar avalada por el acuerdo de un mínimo de 3 cardiólogos.

**D. Definición de las herramientas necesarias para realizar las anotaciones y almacenar los casos**

Para poder revisar y realizar las anotaciones sobre la señal de ECG es necesario contar con una herramienta gráfica que permita recorrer la señal, seleccionar un tramo de ella y asociarle una anotación según el criterio que se está siguiendo. Esta herramienta debe permitir redefinir anotaciones realizadas en sesiones de trabajo anteriores y brindar un ambiente amigable teniendo en cuenta que el proceso de revisión y anotación de la señal resulta bastante tedioso.

Para cada registro anotado y revisado por el Comité de Expertos debe añadirse una descripción acerca de cómo fue adquirida la señal y los comentarios que el Comité de Expertos desee añadir. Como se espera disponer de un gran número de casos en la base de datos, deben implementarse herramientas para realizar búsquedas en la base de datos sobre la base de un determinado filtro para poder localizar con rapidez los casos que se desean utilizar para probar un algoritmo.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Partiendo de los requisitos de diseño propuesto se obtuvo un diseño preliminar de una base de datos anotada con eventos ventriculares.

**A. Registros de la base de datos**

Cada registro de la base de datos está formado por tres elementos:

- la señal de ECG,
- un encabezamiento que describe la señal,
- las anotaciones.

Estos tres componentes se empaquetan en un fichero único que será el referenciado en la base de datos.

El encabezamiento de la señal contiene la información referente a la cantidad de muestras que contiene, la frecuencia de muestreo con que se digitalizó, la cantidad de derivaciones presentes y la derivación por la que se registró la señal. CARDIODEF 2® registra la señal de ECG con una frecuencia de muestreo de 200 Hz y emplea una sola



derivación, recomendándose que se utilice la derivación II.

Como se había expresado anteriormente, cada caso registrado en CARDIODEF 2® incluye, además de la señal de ECG, todos los eventos ocurrido durante el tiempo que el quipo estuvo encendido. De estos eventos se decidió incluir como una anotación estática, no alterable por el especialista, las marcas que indican los momentos en que se realizó una descarga.

Las anotaciones incluyen, por tanto, las realizadas por el cardiólogo y las marcas de descarga.

a. Anotaciones de la base de datos

Sobre la base de los criterios de anotación propuestos se decidió que se establecieran como anotaciones solamente las que tienen que ver con el criterio de DIAGNÓSTICO. El criterio de FRECUENCIA por el momento no se incluirá como parte de las anotaciones. Por otra parte el criterio de MORFOLOGÍA se incluye en las anotaciones como parte de la descripción que a cada una de ella se le puede asignar.

b. Aspectos éticos

Como el proceso de anotación primario lo realizan diferentes especialistas de manera individual y anónima, se concibió que las anotaciones que cada uno de ellos realiza se referencien con un nombre genérico que a su vez se asocie al registro de ECG que se está anotando. De esta manera el Comité de Expertos recibe solamente las diferentes anotaciones sin que tengan conocimiento del cardiólogo que las realizó.

#### 4. CONCLUSIONES

El éxito de desfibrilación temprana depende de la precisión con que los desfibriladores automáticos o semiautomáticos externos, detecten los eventos de arritmia que conllevan a una parada cardiaca. Esto hecho impone el empleo, durante el diseño y fase de prueba de los algoritmos y métodos que analizan la señal y la clasifican, de bases de datos anotadas por especialistas en cardiología que sirvan de gold standard. El diseño de una base de datos propia, expuesto en este trabajo, nos permite disponer de un banco de datos con señales de ECG registradas en diferentes ambientes hospitalarios de nuestro país a partir de la explotación de CARDIODEF 2®. Este banco de datos y la experiencia aportada por los especialistas en cardiología que realizan las anotaciones en los registros, constituyen una herramienta para el diseño e implementación de nuevos métodos para el análisis y clasificación de arritmias ventriculares.

La metodología propuesta para el proceso de anotación permite que los cardiólogos trabajen de manera independiente, anónima y en paralelo.

Aunque el diseño propuesto está orientado a la creación de una base de datos de arritmias ventriculares, con la definición de otros criterios de anotación y el trabajo de los especialistas adecuados se pueden definir bases de datos para otras arritmias.

#### REFERENCIAS

1. Hannes, S (2004) Automatic System to Test Semiautomatic External Defibrillators for Sensitivity and Specificity, Tesis de diploma, en <http://www2.staff.fh-vorarlberg.ac.at>. Consultado en julio 16, 2009.
2. American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care (2005) at <http://circ.ahajournals.org>. Consultado en julio 15, 2009.
3. Tacker W A Jr (1994) Defibrillation of the Heart ICDs, AEDs, and Manual. Mosby-Year Book, Missouri, USA.
4. PhysioBank at <http://www.physionet.org/physiobank/>. Consultado en junio 2, 2009.
5. Folgueras J, Portela A, Milanés A et al. (2006) Un desfibrilador bifásico portátil: Características y resultados. Bioingeniería y Física Médica Cubana (7)2:4-10.
6. Cartaya M E, Colorado O, Botana G et al. (2008) CARDIOFILE: Un registrador multipropósito de eventos para empleo en desfibriladores. Bioingeniería y Física Médica Cubana (9)2:25-30