**Modelo Virtual para el estudio, la enseñanza e investigación de las arritmias cardíacas**

Dr Alejandro Ventura

RESUMEN TÉCNICO:

En un modelo virtual, se representaran las características eléctricas fisiológicas y fisiopatológicas de las células cardíacas como unidad (autómata celular) y el tejido cardiaco en su conjunto, con la intención de reproducir las condiciones que llevan al desencadenamiento de las arritmias cardiacas.

Mediante ello se dispondrá de un modelo científico interactivo, que funcionará como un “banco de pruebas”, donde el operador con órdenes sencillas, podrá modificar los parámetros de una célula o un grupo de ellas, y de esta manera realizar investigaciones sobre las diferentes conductas de la actividad eléctrica cardíaca, objetivas y reproducir los mecanismos de las arritmias, representar los efectos de las drogas antiarrítmicas, etc.. También podrá obtener registros gráficos de la actividad eléctrica, similares a los que se utilizan en la práctica médica invasiva (electrofisiología), reproducir los efectos de la estimulación con catéteres marcapasos y sus efectos sobre las arritmias.

ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO DEL TEMA

Existen en la literatura modelos de autómatas celulares (ver bibliografía), pero ninguno de ellos está diseñado para su utilización en computadoras de uso doméstico, no pudiendo ser utilizados en la enseñanza didáctica de las universidades y demás ámbitos médico/científicos. Precisamente ello vendría a ser la idea superadora del presente proyecto: La posibilidad de que esté al alcance de cualquier alumno, médico o profesional de la salud interesado en el tema de cualquier parte del mundo.

GRADO DE AVANCE

En la actualidad se ha constituido un **grupo de trabajo** conformado por ingenieros en sistemas y especialistas en diseños de programas virtuales, quienes han desarrollado un plan y un protocolo de trabajo, tiempo de implementación y el presupuesto del costo total del mismo. Dichos programadores profesionales trabajarán en forma conjunta con los profesionales médicos involucrados en los avances del mismo.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

1. El modelo ofrecerá una **herramienta didáctica invalorable** para los alumnos de medicina y los médicos que estén interesados en el funcionamiento del corazón en su aspecto eléctrico y en las arritmias cardíacas. En vista de este objetivo, el diseño del modelo apunta a la sencillez y la “amigabilidad” de su funcionamiento, y será factible de operar en computadoras que estén al alcance de todos y que no requieran un sistema operativo muy complejo. Su utilidad didáctica podrá elevarse más allá de los estudiantes y médicos generalistas, sino que también será en el ámbito de los médicos cardiólogos especialistas en arritmias, electrofisiología invasiva y marcapasos cardíacos.
2. Además del objetivo didáctico, la gran versatilidad del modelo y la fidelidad con que intentan reproducirse las condiciones fisiológicas del corazón, los médicos especialistas en arritmias, dispondrán de un verdadero banco de pruebas para la **investigación básica** en dicho campo, disponiendo en forma simple y práctica de un modelo no biológico.

METODOLOGÍA

El funcionamiento normal de la actividad eléctrica del corazón, o sea su fisiología, sigue determinadas reglas con variantes específicas que se ponen en juego. Estas variantes están determinadas por:

**Activación (despolarización)**

**Recuperación (repolarización)**

**Estado de reposo**

**Automatismo**

**Refractariedad**

**Conducción**

Si se lograran reproducir dichas variables en un modelo virtual de células cardiacas, y liberarlas en un interjuego con ciertas condiciones y reglas que remedaran la biología normal y patológica, podríamos reproducir las condiciones para las arritmias cardiacas.

Las **arritmias cardiacas** se generan por alteraciones en las variantes descriptas. Al enfermarse por procesos degenerativos, inflamatorios, infecciosos, tumorales, tóxicos, etc., las células pueden cambiar cualquiera o todas sus características eléctricas y ello genera las condiciones necesarias para que se generen las arritmias cardiacas. Por ejemplo, una alteración en menos en la conducción del estimulo cardiaco produce diferentes grados de “bloqueos”. A su vez, existen bloqueos unidireccionales, o sea el estimulo es incapaz de avanzar en un sentido pero si en inverso, lo cual puede generar una reentrada del estimulo cardiaco y generar una arritmia persistente de alta frecuencia.

La comprensión de los mecanismos íntimos que generan y mantienen las arritmias, ha permitido implementar **tratamientos**, ya sea con correcciones de las causales, administración de drogas capaces de modificar sus características eléctricas o mediante la utilización de otros tratamientos como ser marcapasos o técnicas de ablación de los tejidos cardiacos mediante aplicación de energías de calor o frió, que producen pequeñas lesiones o cauterizaciones en las células enfermas que están generando o manteniendo las arritmias, logrando así su curación.

Para aplicar las técnicas curativas, es necesario tener una comprensión minuciosa del mecanismo de la arritmia, la localización exacta de las células afectadas, y de esa manera determinar como, cuando y donde actuar. Para ello, los médicos utilizan diferentes técnicas como ser digitalización de las señales eléctricas del corazón, técnicas de localización de las cavidades cardiacas mediante métodos de imagen: eco, RMN, TAC, RX. Últimamente se han incorporado técnicas de mapeo tridimensional de la arritmia cardiacas, las cuales constituyen herramientas para que lo médicos podamos definir mejor los mecanismos y la definición espacial de los mismos.

Sin embargo muchas veces es muy difícil interpretar in vivo, en los pacientes, el mecanismo íntimos de las arritmias y lograr una localización espacial tridimensional, es por ello que surge la idea de la creación de un **software** que nos permita realizar un modelo tridimensional, que mediante la aplicación de las variables biológicas fisiológicas y fisiopatologicas de las células cardiacas, nos permita una investigación en el campo virtual, de las arritmias y sus mecanismos íntimos. Ello podría tener aplicaciones didácticas, con aplicabilidad en la práctica medica asistencial. Los fines son didácticos y de investigación básica de software, con probable aplicación en la asistencia médica.

IMPACTO DEL PROYECTO

El principal impacto del proyecto de observará en la enseñanza de la medicina, más que nada en el ámbito universitario. Hasta nuestro conocimiento, no existe actualmente una herramienta similar para el estudio de las arritmias cardíacas.

-CONTRIBUCION AL AVANCE DEL CONOCIMIENTO  CIENTÍFICO Y/O TECNOLÓGICO  Y/O TRANSFERENCIA AL MEDIO

Traducimos un párrafo de autores universitarios especialistas en talleres de simulación de la universidad de Barranquilla (Colombia):

*“La simulación en la enseñanza de la medicina:*

*La simulación es una técnica empleada de manera formal en la educación médica desde hace*

*más de 40 años. Su utilización ha permitido un mejor adiestramiento de estudiantes de*

*medicina y enfermería y de especialistas en diferentes residencias clínicas y quirúrgicas y*

*perfeccionamiento de técnicas invasivas y quirúrgicas. Además, mediante la simulación se ha*

*podido realizar una enseñanza más objetiva, ya que en ocasiones el acceso del estudiante al*

*paciente se ve limitado por parámetros éticos, sociales, administrativos y legales. Finalmente,*

*la simulación unida al razonamiento crítico y a la enseñanza basada en la resolución de*

*problemas, ha permitido perfeccionar y entender el profundo significado de las competencias.*

*Como técnica, la simulación ofrece de forma objetiva y controlada entender la verdadera*

*importancia de ensayo y error, como base importante de la destreza, además se constituye en*

*un método de control de calidad de procesos tanto educativos como médico-quirúrgicos.”*

-CONTRIBUCIÓN A LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El empleo de la Simulación en cualquier ámbito educativo donde se pueda controlar, medir, perfeccionar y evaluar, mejora la perspectiva del aprendizaje tanto del docente como del estudiante, permite un juicio crítico y objetivo y aporta una conciencia social. La Simulación, tomada como una herramienta educativa que debe cumplir con el rigor del método científico, se ha constituido en una excelente práctica para entender y buscar la lógica relación entre saber, hacer y ser, con lo que se logra ser mejores docentes y estudiantes, con el beneficio final en el paciente y su entorno.

 BIBLIOGRAFÍA:

1. Simulación, herramienta para la educación médica Artículo de Revisión

Jaime Galindo López1, Lila Visbal Spirko2

Docente Pediatría Pregrado-Postgrado, Universidad del Norte, coordinador Taller de Simulación y

Adiestramiento Clínico Quirúrgico del Hospital Universidad del Norte.

Correspondencia: Hospital Universidad del Norte, Calle 30 vía al aeropuero, Barranquilla (Colombia).

Salud Uninorte. Barranquilla (Col.) 2007; 23 (1): 79-95

1. A Computer Model of Cardiac Electrical Activity for the Simulation of Arrhythmias

NATHALIE VIRAG, JEAN-MARC VESIN, and LUKAS KAPPENBERGER

Signal Processing Laboratory, Swiss Federal Institute of Technology and \*Division of Cardiology,

CHUV, Lausanne. Switzerland *PAGE 1998; 2l[Pt. II]:2366-2371*

## A Computer Model of Normal Conduction in the Human Atria

David M. Harrild, Craig S. Henriquez ; From the Department of Biomedical Engineering, Duke University, Durham NC. Correspondence to Craig S. Henriquez, Box 90281, Department of Biomedical Engineering, Duke University, Durham **Circulation Research. 2000;87:e25-e36** (Circulation Research. 2000;87:e25.) © 2000 American Heart Association, Inc.

1. A Massively Parallel Computer Model of Propagation Through a Two-Dimensional Cardiac Syncytium MATTHEW G, FISHLER and NITISH V. THAKOR From the Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore, Maryland PACE, Vol. *14,* November, Part II 1991
2. Desarrollo de un modelo probabilístico de la actividad eléctrica cardíaca basado en un autómata celular Felipe Alonso Atienzaa, Jesús Requena Carrióna, Arcadi García Alberolab, José L. Rojo Álvareza, Juan J. Sánchez Muñozb, Juan Martínez Sánchezb y Mariano Valdés Chávarriba Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones. Universidad Carlos III. Leganés. Madrid. España. Servicio de Cardiología. Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca. Murcia. España
3. Bases tecnopedagógicas de la educación médica virtual. Análisis de un nuevo paradigma en la educación médica. Nilson A Contreras Carreto\* Departamento de Medicina Interna, Fundación Clínica Médica Sur. Curso de Especialización en Creación de Contenidos y Tutorización en Entornos de Enseñanza Virtual, Universidad de Granada.

Fundación Clínica Médica Sur. México, D.F.

1. Reentry in a Morphologically Realistic Atrial Model EDWARD J. VIGMOND, PH.D., RACHEL RUCKDESCHEL, B.S., and NATALIA TRAYANOVA, PH.D.

From the Department of Biomedical Engineering, Tulane University, New Orleans, Louisiana*J Cardiovasc Electrophysiol, Vol. 12, pp. 1046-1054, September 2001)*