



La Fundación Cardiovascular de Colombia a la vanguardia de la tecnología

The Colombian Cardiovascular Foundation at the forefront of technology

Xiomara P. Blanco, Ing. de Sistemas⁽¹⁾; Wilson Gamboa, Ing. Electrónico⁽²⁾

Floridablanca, Santander, Colombia.

ANTECEDENTES: la Fundación Cardiovascular de Colombia es una institución conciente de que la inversión en investigación, desarrollo e innovación, es un elemento fundamental para la incorporación y el aprovechamiento de avances científicos y tecnológicos que contribuyen al desarrollo socio-económico de la región y del país. Por esta razón, ha enfocado sus esfuerzos en la implementación de estrategias que promuevan una cultura tecnológica en nuestra sociedad y fomenten el desarrollo local de nuevas tecnologías o la adaptación de las mismas a nuestras necesidades. Para alcanzar estas metas, la Fundación Cardiovascular de Colombia ha creado áreas como la unidad estratégica de negocios *FCV.Soft Software Factory*, el grupo de investigación de bioingeniería, el área de investigación en pediatría y el área de tecnología informática que demandan de la institución la integración de los procesos de desarrollo tecnológico y la incorporación de nuevas tecnologías con los procesos asistenciales habituales en una institución clínica de tercer nivel de complejidad.

OBJETIVO: describir la experiencia de la Fundación Cardiovascular de Colombia en la integración de la bioingeniería y sus especialidades a la práctica clínica convencional.

CONCLUSIONES: la aplicación de la bioingeniería a la práctica clínica convencional, constituye una fortaleza institucional que favorece la competitividad de las instituciones e impulsa el mejoramiento de la calidad de vida de los pacientes, ya que permite la creación de nuevas herramientas para apoyar la toma de decisiones médicas de una manera eficiente y oportuna.

PALABRAS CLAVE: bioingeniería, nuevas tecnologías, especialidades de la bioingeniería.

BACKGROUND: the Colombian Cardiovascular Foundation is aware of the importance of investing in research, development and innovation in order to incorporate and use scientific and technological advances that may contribute to the socio-economical development of the region and the country. Therefore, it has incremented its strategies to promote both a technological culture in our society, and the development of new local technologies or the adaptation of foreign ones to our needs. To achieve these goals, the Colombian Cardiovascular Foundation has created areas such as the strategic business unit *FCV. Soft Software Factory*, the bioengineering research group, the pediatric research unit

(1) Área de Investigación en Pediatría, Fundación Cardiovascular de Colombia, Floridablanca, Santander, Colombia.

(2) Grupo de Investigación en Bioingeniería, Fundación Cardiovascular de Colombia, Floridablanca, Santander, Colombia.

Correspondencia: Ing. Xiomara Patricia Blanco Valencia. Fundación Cardiovascular de Colombia. Calle 155A No. 23-58, Urbanización El Bosque. Floridablanca, Santander, Colombia. Teléfono: +57-7-6399292 Ext. 512. Correo electrónico: xiomarablanco@fcv.org

Recibido: 27/09/06. Aprobado: 09/10/06.

and the unit of computer technology, that demand the integration of processes of technological development and the incorporation of new technologies to the regular clinical practice in a third complexity level institution.

OBJECTIVE: to describe the experience of the Colombian Cardiovascular Foundation in the integration of bioengineering and its specialties to the conventional clinical practice.

CONCLUSIONS: the utilization of bioengineering in the conventional clinical practice favors institutional competitiveness and motivates the improvement of the patients' quality of life, as it allows the creation of new tools to support the medical decisions in an efficient and timely way.

KEY WORDS: bioengineering, new technologies, bioengineering specialties.

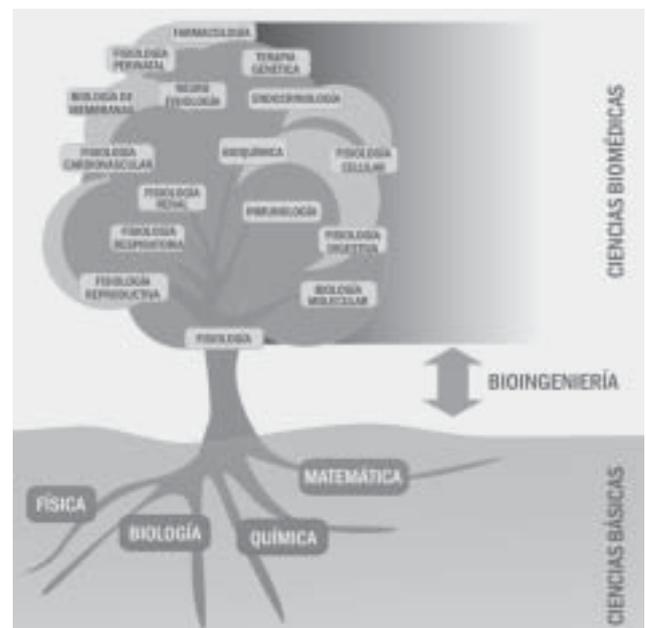
(Rev.Colomb.Cardiol. 2006; 13: 68-72)

Introducción

La bioingeniería es una rama multidisciplinaria de las ciencias exactas, con aplicación directa a las ciencias de la vida. De forma más concreta, según la definición de Bronzino, una de las más aceptadas, es «aquella disciplina que aplica los principios eléctricos, mecánicos, químicos o cualquier otro principio de la ingeniería para comprender, modificar o controlar los sistemas biológicos, así como para diseñar y fabricar productos capaces de monitorizar funciones fisiológicas y de asistir en el diagnóstico y tratamiento de los pacientes». Definiciones como ésta, se encuentran disponibles y los especialistas en el tema coinciden en considerar a la bioingeniería en un contexto muy amplio y por tanto, difícil de asimilar en su totalidad. En la figura 1 se aprecia el papel de la bioingeniería en la articulación de las ciencias exactas y las ciencias biomédicas.

Las subespecialidades y las líneas de actuación de la bioingeniería son (1):

- **Ingeniería biomédica:** se enfoca en la investigación básica, por ejemplo, en la modelización de sistemas fisiológicos y en especial en el ser humano y en el cuidado de la salud (2, 3).
- **Ingeniería médica:** está dirigida al estudio, diseño y construcción de instrumentación (principalmente electrónica), sensores y prótesis para el campo médico.
- **Ingeniería clínica:** está destinada al control del equipamiento médico y actividades hospitalarias como planificación en la adquisición de equipamiento, seguimientos de instalaciones, formación programas preventivos, etc.



Fuente: www.physiology.ualberta.ca/education.htm.

Figura 1. Papel de la bioingeniería en la articulación de las ciencias exactas y las ciencias biomédicas.

- **Ingeniería de rehabilitación:** ayuda al desarrollo de sistemas electrónicos y mecánicos para la mejoría de la calidad de vida de personas disminuidas físicamente.
- **Ingeniería genética:** engloba todas las técnicas médicas relacionadas con aplicaciones de la genética (de reciente aparición) (4).
- **Bioinstrumentación:** involucra principios de electrónica y técnicas de medición para desarrollar dispositivos utilizados en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades (4).

- **Biomecánica:** incluye mecanismos aplicados a problemas biológicos o médicos como el estudio del movimiento, la deformación material, el flujo del cuerpo y el transporte de componentes químicos a través de medios biológicos y sintéticos de membranas. Los esfuerzos en biomecánica han desarrollado corazones artificiales y válvulas cardíacas, entre otros (2, 3).

- **Biomateriales:** incluye el desarrollo de nuevos biomateriales con aplicación en cirugía cardiovascular, oftalmología, cirugía ortopédica y traumatología, productos sanitarios y tecnología dental. Así mismo, procura la mejoría de la integración, fijación e inducción de la regeneración ósea, el comportamiento biomecánico y las características de desgaste, la reducción de los efectos adversos y el desarrollo de materiales compatibles con el medio ambiente.

- **Cirugía mínimamente invasiva:** involucra el desarrollo de sensores y de instrumental para cirugía. Miniaturización de componentes electrónicos.

- **Implantes:** en este apartado se incluye no sólo el producto a desarrollar, sino el instrumental y, en determinados casos, la aplicación de tecnologías innovadoras. Se destacan especialmente las áreas de cirugía ortopédica y traumatología, cirugía cardiovascular, neurocirugía y tratamiento del dolor, oftalmología, ginecología, urología y audiología.

- **TIC:** desarrollo de sistemas de obtención y procesamiento de señales e imágenes médicas, sistemas inteligentes, ayuda al diagnóstico, monitorización y terapia, telemedicina y teleasistencia y aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación a los servicios de salud asistenciales a través de barreras geográficas, de tiempo y socioculturales (5).

Luego de recorrer las generalidades de la bioingeniería, se resumirá la experiencia de la Fundación Cardiovascular de Colombia en la incorporación de esta ciencia dentro de los esquemas de su funcionamiento interno.

Experiencia al interior de la Fundación Cardiovascular de Colombia

En sus inicios, la Fundación Cardiovascular de Colombia adquirió los sistemas Enlínea y Novasoft para su manejo contable, de nómina, de activos e inventarios, y paralelamente comenzó a desarrollar, con un grupo de ingenieros de sistemas, una historia clínica electrónica.

Ante la necesidad de automatizar los procesos mediante un sistema integrado de información, en el año 2002 se creó *FCV.Soft Software Factory*, Unidad Estratégica de Negocios (UEN). Así, un grupo especializado de ingenieros y profesionales del sector informático, construyó una herramienta integral para la administración hospitalaria de instituciones prestadoras de servicios, con lo cual la Fundación se convirtió en la primera institución en el país en incorporar una historia clínica electrónica de diseño propio. En el año 2003 se logró la implementación de este sistema en varios hospitales del país (6).

A finales de 2004, al interior de *FCV.Soft Software Factory*, se creó el Grupo de Investigación en Desarrollo e Innovación Tecnológica (GETI), integrado por profesionales y estudiantes de ingeniería de sistemas y diseño industrial. El objetivo principal de este grupo es dar respuesta a diversas necesidades relacionadas con el uso de tecnologías de la información. El grupo apoyó la fase de desarrollo de la historia clínica electrónica institucional implementando módulos como la autenticación de usuario por medio de huella digital, plantillas gráficas que le permiten al médico resaltar y realizar observaciones sobre zonas del cuerpo humano como si estuviese escribiendo en un cuaderno y con la posibilidad de guardarlo en el registro del paciente. Adicionalmente, trabajó en el desarrollo de agendas digitales móviles, que conectadas permanentemente a través de siete puntos de acceso inalámbricos Wi-Fi en la institución, permiten al médico, no sólo contar con información oportuna sobre el estado del paciente mientras hace su revista diaria, sino formular medicamentos. Inicialmente, este sistema se introdujo en la unidad de cuidado intensivo pediátrico de la Institución (7).

Adicionalmente, se inició el desarrollo del sistema de telemedicina denominado GALAXIA, sistema virtual que pretende acercar y favorecer un apoyo permanente (a través de servicios web como chat, listas de discusión, entre otros) a los profesionales de la salud que atienden a la población santandereana en regiones apartadas y en donde se adolece de alternativas rápidas y efectivas para diagnosticar y tratar las enfermedades. Gracias a este sistema se ha podido llevar atención médica especializada virtual a varios hospitales en lugares remotos de Santander y Antioquia, específicamente relacionada con servicios de cardiología, medicina interna, neurología clínica, pediatría y cardiología pediátrica (6).

Entre los años 2000 y 2002, el grupo de investigación en cardiología de la Universidad Industrial de Santander y el laboratorio de Función Autónoma de la

Fundación Cardiovascular de Colombia, co-dirigieron el desarrollo de proyectos de grado como «la mesa basculante, el Holter de presión y el cardiotacómetro», presentados por estudiantes de ingeniería electrónica de la misma universidad. Estos proyectos abrieron las puertas para que se iniciara un proceso de formulación, preparación y presentación de proyectos de investigación e innovación tecnológica al interior de la Institución. Así, en diciembre de 2003, nació el Grupo de Bioingeniería, con una marcada característica multidisciplinaria y orientado a la investigación, innovación y desarrollo tecnológico de dispositivos, equipos, procesos y productos, enfocados al área médica, para permitir mejorar la calidad de los servicios de monitoreo, diagnóstico y tratamiento de enfermedades transmisibles y no transmisibles.

El Grupo de Bioingeniería de la Fundación Cardiovascular de Colombia, está conformado por un grupo de ingenieros, tecnólogos, técnicos y estudiantes de pregrado orientados a la investigación e implementación de soluciones y mejoras en ingeniería a los procedimientos médicos. Además, cuenta con el valioso apoyo de un equipo médico altamente calificado que favorece la generación de ideas y el seguimiento del proceso tecnológico de innovación. Hoy en día, en su moderno laboratorio, dotado con equipos de última generación, trabaja en el diseño y construcción de *software* y *hardware* biomédico. Igualmente, en alianza con varias instituciones académicas de la región y del país, y con el apoyo financiero de la Fundación Cardiovascular y de COLCIENCIAS, adelanta varios proyectos relacionados con bioinstrumentación, ingeniería clínica, telediagnóstico, automatización, evaluación de tecnologías en salud, procesamiento de señales e imágenes y electrofisiología (8). Algunos de estos proyectos son:

- Diseño y construcción de un prototipo para el registro continuo de presión arterial de forma no invasiva y ambulatoria «Holter de presión».
- Diseño y construcción de un prototipo para el monitoreo presencial y remoto de signos vitales de pacientes en estado crítico «Monitor».
- Diseño y desarrollo de un sistema experimental de electrocardiografía digital orientado al telediagnóstico en zonas rurales de Santander «Telediagnóstico».
- Análisis del segmento ST por medio de técnicas de tratamiento digital de señales orientado al mejoramiento de la sensibilidad de la prueba de esfuerzo «Segmento ST».

- Diseño y construcción de un prototipo electro-mecánico para la implementación de la técnica «electrospinning» en aplicaciones farmacológicas «Electrospinning».

De forma paralela, ha logrado diseñar y construir diferentes prototipos, financiados exclusivamente por la Institución, entre los cuales están: un monitor de signos vitales (MSV-FCV), una unidad de cuidados intensivos móvil (UCIMOVIL-FCV) (Figura 2), un electrocardiógrafo digital (ECG-FCV), una bomba de infusión y, el más reciente, un corazón artificial.

Con el área de investigación en pediatría, grupo que da soporte a las acciones académico-investigativas del departamento asistencial, a partir del informe del Instituto de Medicina de los Estados Unidos en 1999, en el cual se reconoce que el error no es ajeno a la labor humana y mucho menos al ejercicio de la medicina (9), se comenzó a estudiar el estado del arte en cirugía cardiovascular pediátrica y los indicadores de calidad de la asistencia médica durante el cuidado postoperatorio. Después de un profundo análisis de las estadísticas propias (10), se concluyó que en la unidad pediátrica de cuidados intensivos, lugar donde se maneja gran volumen de información, los procesos de síntesis e interpretación de la misma suelen ser manuales, lo que lo hace un lugar susceptible al error médico y el sitio ideal para la aplicación de una serie de herramientas informáticas que brinden mayor eficiencia en la atención de los pacientes.

Uno de los campos de aplicación de la bioinformática es la inteligencia artificial, área en la cual se pueden crear sistemas expertos que solucionen problemas mediante la utilización de conocimientos basados en hechos y en capacidad de razonamiento. Este tipo de tecnologías provee un soporte confiable para la toma de decisiones clínicas ya que muestra sugerencias, estandariza actitudes, métodos y tratamientos, y respeta la autonomía del profesional de la salud. Con base en lo anterior, se elaboró un prototipo experimental para el soporte diagnóstico (sistema experto) en el postoperatorio de transposición de grandes arterias (11), y éste fue la base para la construcción de un sistema más general que apoya el diagnóstico y el tratamiento en postoperatorios pediátricos cardiovasculares. Este sistema tiene la capacidad de conectarse al monitor de signos vitales diseñado por el grupo de bioingeniería de la Fundación Cardiovascular de Colombia (Cód. COLCIENCIAS 65661417217), ventaja que le permite al sistema dis-



Fuente: Grupo de investigación en bioingeniería. Disponible en: <http://www.fcv.org/portal>. 2006. Consultado en: 28-7-2006.

Figura 2. Unidad móvil de cuidados intensivos.

parar alarmas en tiempo real. Adicionalmente, está conectado a la base de datos de la historia clínica electrónica de donde se obtienen los valores de los signos no monitoreados en tiempo real.

Impacto

La Fundación Cardiovascular de Colombia ha encontrado en la bioingeniería campos de acción que apoyan la labor médica y que a su vez ofrecen alternativas accesibles, novedosas, económicas y eficientes tanto para el personal asistencial como para el paciente.

Algunos proyectos mencionados en este capítulo aún están en fase de desarrollo, ya sea como parte de su proceso de mejoramiento continuo o con el fin de generalizar su uso a otras patologías, ampliar su cobertura geográfica o promover el desarrollo de nuevos módulos.

Conclusión

La inversión en ciencia y en tecnología, resulta necesaria para garantizar el éxito de cualquier estrategia que proponga mejorar la salud y la calidad de vida de los ciudadanos. De otra parte, este tipo de inversiones permite la reducción de costos y el mejoramiento de los procesos. La integración de la investigación biomédica a la práctica clínica convencional, estimula un proceso de mejoramiento de la calidad de la atención, ya que una implementación eficiente y oportuna de soluciones innovadoras aplicadas a la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades, bien sean el resultado de desarrollos propios o el producto de la fusión con tecnologías y desarrollos ya existentes, favorece el diseño de nuevas herramientas y servicios con alto contenido científico y social en entidades del sector salud.

Bibliografía

1. Ramón R. José. La Formación del Bioingeniero, una asignatura pendiente. Aula Datex Ohmeda [serie sobre internet]. 2002. Disponible en: <http://www.us.datex-ohmeda.com/index.asp>
2. «Bioengineering Education». Journal of Clinical Engineering [serie sobre internet]. 1986; 11 (1-6). Disponible en: <http://pt.wkhealth.com>
3. «Bioengineering Education». Journal of Clinical Engineering [serie sobre internet]. 1987; 12 (1). Habilitado desde: <http://pt.wkhealth.com>
4. Misión posible: investigación conjunta entre ingenieros y médicos. Ejemplo de aplicación específica para la monitorización de temperatura corporal. Disponible en: <http://www.revistaesalud.com/ojs/index.php/revistaesalud/article/viewArticle/87/233> 2. 2006: 23-7.
5. Reid J. A telemedicine primer: understanding the issues. Innovative Medical Communications, Billings, MT; 1996. p. 34.
6. Montoya CM. Instituciones que sobresalen en tiempos duros. Disponible en: <http://www.periodicoelpulso.com/html/ago03/general/general-07.htm>. 2003: 2-8.
7. Clínicas futuristas, cada vez más cerca. Disponible en: <http://www.fcv.org/portal/noticias>. 2006: 15-7.
8. Grupo de investigación en bioingeniería. Disponible en: <http://www.fcv.org/portal/default.aspx>. 2006: 28-7.
9. Bates DW, Gawande AA. Improving safety with information technology. N Engl J Med 2003; 348: 2526-2534.
10. Castillo VR, Jaramillo GA, Durán AE, Montero A, Hernández A, Sanabria J et al. Descripción de la mortalidad quirúrgica de la corrección de cardiopatías congénitas: experiencia institucional 2000-2005. Rev Col Cardiol 2006; 12: 268.
11. Castillo VR, Blanco XP, Durán AE, Rincón GJM, Villamizar AF. Sistema Experto para soporte diagnóstico en el postoperatorio de transposición de grandes arterias: Actas del campus multidisciplinar en percepción e inteligencia, CMPI 2006; I: 146-151.