

INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Biomédica ocupa un espacio importante en el desarrollo de la Medicina. El siglo XXI está asistiendo a realizaciones de significación cuya consecuencia será una mejor calidad de vida para las poblaciones de todos los países. Este libro propone una referencia inicial para el estudio y la práctica de la Ingeniería Biomédica en América Latina, a partir de la cual el profesional hará su propio camino de investigación. En el Uruguay son especialmente propicias las condiciones para su desarrollo, por la cobertura de sus sistemas de salud y por su reconocido nivel en educación, formación universitaria y actividad académica. Existe también un sector industrial con gran potencial y vocación de servicio regional.

La obra fue pensada como punto de encuentro y de reflexión en la formación universitaria para la cual presenta algunas clases, conferencias y seminarios desarrollados en la Universidad de la República desde la creación del **Núcleo de Ingeniería Biomédica**. Este libro no pretende enseñar medicina. Su lectura lleva al estudiante a adquirir dos conjuntos de conocimientos complementarios: por un lado los conceptos de fisiología necesarios para mantener el diálogo con profesionales de la salud en el desarrollo de propuestas tecnológicas para el diagnóstico o la terapia, y por otro lado los conceptos de ingeniería para plasmar soluciones instrumentales en medicina. Varios capítulos inician con la descripción de un órgano o de una función del cuerpo y siguen con el proyecto de un instrumento de medida o con la construcción de la prótesis correspondiente. La comprensión de ambos enfoques es importante en la tarea de proyecto, ya que se espera que el ingeniero biomédico se integre al equipo médico y entienda el problema antes de echar mano a sus herramientas específicas. Entre los capítulos escritos con enfoque de ingeniero o sobre instrumental biomédico, hay una excepción notoria: debido a la circunstancia de la incorporación de la tecnología PET en el Uruguay, el lector encontrará un capítulo sobre las aplicaciones neurológicas de las imágenes funcionales de tomografía de emisión de positrones (PET). Este capítulo sobre PET es por lo tanto un puente tendido a los clínicos neurólogos con un material relevante para planificar su actividad futura.

Se destaca la diversidad de extracción de los autores de los capítulos de este libro, todos comprometidos con el desarrollo científico y tecnológico del Uruguay. Además de la Universidad de la República y otras universidades extranjeras, el enfoque industrial está presente en los cuatro capítulos redactados por profesionales de la Industria. Entre los múltiples profesores que contribuyeron se encuentran

representadas cuatro Facultades de la Universidad de la República. Finalmente se expresan en este libro algunos académicos uruguayos que trabajan en Argentina, Estados Unidos de Norteamérica, Francia y Suecia.

PLAN DE LA OBRA

El primer capítulo contiene un marco de referencia para el proyecto de equipos biomédicos como guía para el ingeniero en su desempeño (Capítulo 1). Para enfatizar su importancia se aborda luego la seguridad del paciente (Capítulo 2) a partir de los efectos biológicos de corrientes y campos eléctricos con mención de las normas vigentes a respetar.

El funcionamiento de las células y en particular de las neuronas permite describir la propagación nerviosa y la contracción muscular (Capítulo 3), base para el proyecto de prótesis y equipos de medida en neurofisiología. En el área cardiológica, se presentan las técnicas y equipos de ablación (Capítulo 4) y el diseño de marcapasos en base a la producción uruguaya (Capítulo 5). Las investigaciones teóricas y aplicadas en dinámica arterial (Capítulo 6) pueden llevar al desarrollo de equipamiento para el diagnóstico cardiovascular antes de la manifestación de síntomas. El tema cardiovascular concluye con el Capítulo 7 que contiene la descripción operativa de robots de ayuda para la cirugía vascular.

Las medidas de mecánica ventilatoria se basan en la aplicación de un modelo matemático simple, lo que da origen al proyecto de equipos de evaluación respiratoria como se describe en el Capítulo 8. Antes de abordar el proyecto de un equipo de diálisis (Capítulo 9) se presenta la fisiología renal. El cuidado de la salud en estas décadas apela en forma creciente a los análisis químicos, posibles gracias a los biosensores (Capítulo 10) y a dispositivos muy complejos, verdaderas fábricas en miniatura, cuya estructura es estudiada en el Capítulo 11.

En el área de instrumentación neurológica se estudian los estados de conciencia a partir del EEG como ayuda para el seguimiento anestésico (Capítulo 12), se describen los órganos del equilibrio y los métodos de evaluación vestibular (Capítulo 13) y se muestra la navegación virtual en neurocirugía (Capítulo 14) antes de presentar los implantes cocleares (Capítulo 15). Como ha sucedido a menudo en la historia de la tecnología, la biología sirve de inspiración para propuestas exitosas: aquí se muestra cómo el estudio de las redes neuronales (Capítulo 16) abre horizontes creativos para las estructuras de datos y su procesamiento.

La disponibilidad de elementos digitales de velocidad y capacidad creciente permite el uso frecuente de imágenes en medicina, que son el resultado de reconstrucciones complejas proyectadas por el Ingeniero. Como fuera mencionado, se describen las aplicaciones en neurología de la Tomografía por Emisión de

Positrones (PET, Capítulo 17). Las imágenes digitales son el tema del Capítulo 18 que incluye los métodos de calibración de monitores necesarios para el diagnóstico por imágenes.

Se concluye la serie con un comentario sobre la gestión de mantenimiento de equipos biomédicos y la presentación de una propuesta integradora entre proveedores de equipos y los servicios médicos (Capítulo 19). Finalmente el Capítulo 20 contiene una descripción de trabajos prácticos a proponer a los estudiantes del curso, con un anexo sobre el electrocardiograma (ECG), su variación morfológica y la detección de los complejos QRS.

AGRADECIMIENTOS

Este libro tuvo su origen en un pedido de los estudiantes de ingeniería biomédica que han manifestado en estos años la necesidad de tener acceso al contenido de las clases del Curso (desde 1997) y a las conferencias del Seminario de Ingeniería Biomédica (desde 1992). A todos ellos vaya nuestro agradecimiento por la sugerencia y por la continua adhesión a la Ingeniería Biomédica que enriquecen con su interés y esfuerzo.

El equipo de asistentes y ayudantes del **NIB** ha afinado a lo largo de los años los contenidos de las prácticas al tener a su cargo el seguimiento de los estudiantes. Nuestro agradecimiento a Sebastián Gava, Álvaro Gómez, Pablo Musé, Martín Vallarino, Rafael Sanguinetti, Fiorella Haim, Santiago González, Jorge Lobo, Daniel Geido, Raphael Carvalho, Rodrigo Filgueira y Marcelo David.

Agradecemos el aporte de quienes contribuyeron con generosidad y competencia a preparar su clase y a redactar el capítulo para este libro. El enfoque que les solicitamos para sus exposiciones no fue el del médico tradicional ni el del ingeniero habitual, sino una búsqueda de síntesis de ambas áreas por la cual les extendemos a todos ellos nuestro profundo reconocimiento.

La Decana de la Facultad de Ingeniería (1998-2005) Prof. Ing. María Simón y la decana de la Facultad de Medicina (2002-2006) Prof. Dra. Ana María Ferrari fueron las impulsoras de este proyecto a quienes agradecemos el apoyo y aliento manifestados. El libro integra la colección de publicaciones de la Universidad de la República por resolución de la Facultad de Ingeniería (26 de julio de 2006) gracias a las gestiones del Decano Prof. Ing. Ismael Piedra Cueva a quien agradecemos el interés y la guía recibida. Finalmente agradecemos al Prof. Ing. Rafael Canetti, Director del Departamento de Control y Electrónica Industrial del Instituto de Ingeniería Eléctrica, por abrir el espacio para el desarrollo de esta especialidad facilitando numerosas realizaciones como la difusión de este libro.

Este esfuerzo editorial es parte de la tarea docente en ingeniería biomédica de la Universidad de la República y está a disposición de los que quieran adoptarlo como libro de texto o de referencia en sus cursos. Aspiramos a que pueda contribuir a la formación de profesionales y al desarrollo de un equipamiento mejor para el desempeño de la Medicina en la Región. Es nuestro deseo que se establezca un fértil canal de comunicación con el lector, auténtico destinatario del libro y a quien está dedicado.

Franco Simini
julio 2006