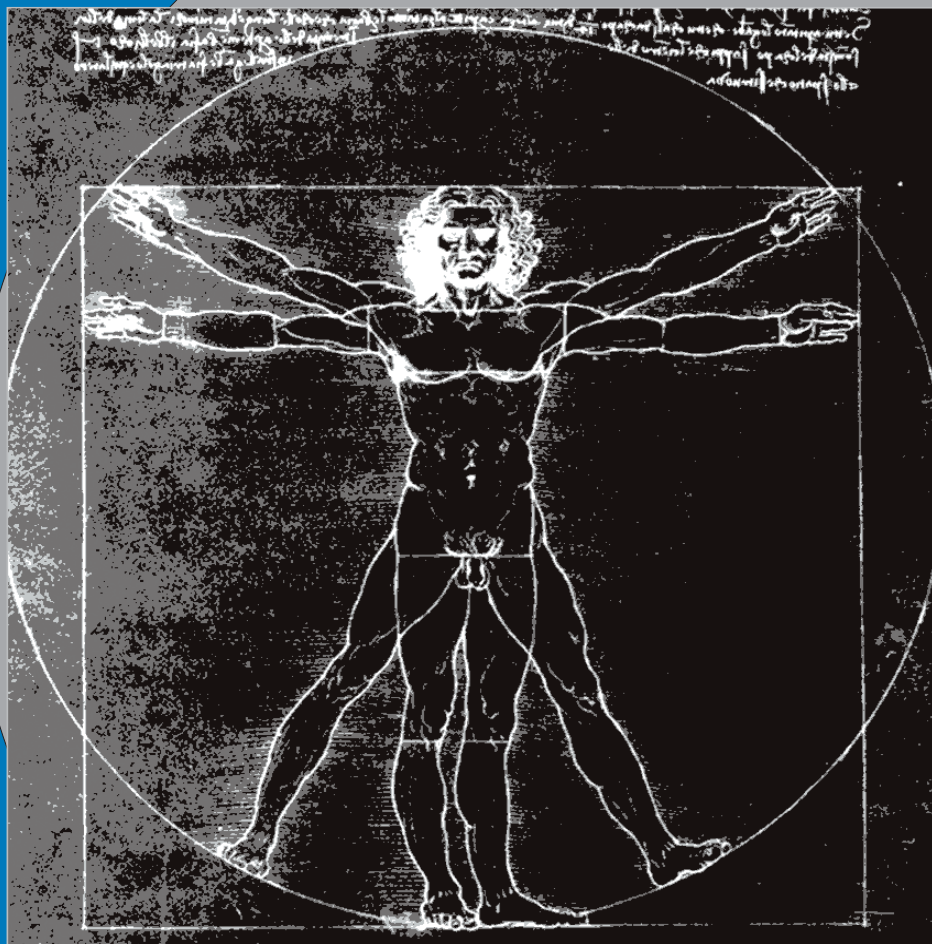


Aportaciones de la Física a la Medicina



Memoria del acto
organizado por el
Colegio Oficial de
Físicos el 1 de
diciembre de 2005
en el Colegio
Oficial de Médicos
de Madrid.

Aportaciones de la Física a la Medicina

Coordinación editorial:

Colegio Oficial de Físicos

C/. Monte Esquinza, 28, 3º Derecha.

28010 Madrid

Tel.: 91 447 06 77 - Fax: 91 447 20 06

Email: comunicacion@cofis.es

Diseño de cubierta e interior:

Colegio Oficial de Físicos

Gráficas SUMMA S.A.

Impreso en Asturias, 2006.

Impreso en España - *Printed in Spain*

ISBN: 84-87338-11-9

Depósito Legal: AS. 2.870-06

Agradecimientos

El Colegio Oficial de Físicos agradece la participación del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), del Año Mundial de la Física y de cada uno de los que han colaborado con sus conocimientos y escritos en la divulgación de esta obra.



Aportaciones de la Física a la Medicina

Índice

PRESENTACIÓNpág. 7

MESA DE AUTORIDADESpág. 9

Juliana Fariña González
Pedro Galán Montenegro
Gonzalo Echagüe Méndez de Vigo
María Teresa Estevan Bolea

MENCIONES ESPECIALESpág. 19

Pilar Olivares Muñoz
Marina Téllez de Cepeda
María Cruz Paredes García

MESA DE PONENTESpág. 35

Rafael Herranz Crespo
Faustino Gómez Rodríguez
Joaquín Lejeune Castillo
Miguel Embid Segura
Josep Baró Casanovas

Presentación

Son múltiples, y casi interminables, las referencias históricas a las que podríamos aludir para hablar de la materia que nos ocupa: las aportaciones de la Física a la Medicina. Siendo conscientes de la relevancia de la actuación interdisciplinar que han realizado ambos profesionales en la materia a lo largo del tiempo, y también coincidiendo con el final del gran año de la Física, el Colegio Oficial de Físicos no ha querido dejar pasar la oportunidad de reconocer una actuación que hace que, día a día, físicos y médicos luchan codo con codo por la salud de la sociedad.

Con tal intención, y con el mismo espíritu de colaboración, el pasado 1 de diciembre, se desarrolló en el edificio del Colegio Oficial de Médicos de Madrid un ciclo de conferencias en el que participaron un total de doce profesionales en la materia, que además de hacerse eco de aportaciones realizadas en otras etapas generacionales, quisieron aportar de viva voz el caso particular que a cada uno les ocupa e, incluso, rememorar inicios personales en tal ‘hazaña’. Estos, precisamente, fueron los casos de tres mujeres, mujeres que con nombre propio y que como muchos profesionales han cedido sus esfuerzos al anonimato de la historia, pero de las que el Colegio no se quiso olvidar, aún sabiendo que la lista no termina aquí. Ellas son Pilar Olivares, María Cruz Paredes y Marina Téllez, que fueron galardonadas con el mérito al reconocimiento por sus particulares esfuerzos en los inicios de esta labor, poniendo en conocimiento de los presentes algunas de las contrariedades y dificultades con las que se toparon en aquel momento.

En la apuesta del Colegio Oficial de Físicos por seguir avanzando en una lucha conjunta, reproducimos a continuación los conocimientos que cada uno de los profesionales ofrecieron al público asistente durante su exposición. ■



Mesa de Autoridades

Juliana Fariña González

PROFESIONALES QUE DAN RESPUESTA A LOS PROBLEMAS MÉDICOS: LOS FÍSICOS

Ante todo, dar las gracias a los compañeros físicos en este año tan importante para ellos en que se cumplen cien años de la muerte de Albert Einstein, y por haber elegido este escenario, muy cercano a otro Premio Nobel, este español, el de Santiago Ramón y Cajal, de quien también este año se celebra el sesquicentenario de su nacimiento.

Porque yo también soy médico voy a hablar brevemente de las aportaciones de la Física a la Medicina, muchas más de las que aparentemente se podría imaginar y es que, para empezar, tenemos que recordar que a los médicos antiguamente se nos llamaba físicos.

Creo que una de las más grandes aportaciones de la Física no sólo a la Medicina, sino a todas las disciplinas, y que esté modificando el mundo casi a cada instante es Internet, la mayor autopista de comunicación jamás conocida, y desde luego impensable en los tiempos de los geniales Cajal y Einstein, de los que no hace tanto.

En el ámbito concreto de la Medicina los físicos han hecho una aportación tan importante como brindarnos su capacidad de calibración. Han contribuido a que la Medicina sea exacta y científica, porque cualquier proceso es científico cuando se le pueden aplicar las Matemáticas.

La Física nos ha dado las herramientas para que podamos cuantificar exactamente los tratamientos, resolviendo el eterno problema que todos los médicos tenemos de hasta dónde llegar en el tratamiento para obtener la máxima respuesta terapéutica posible, con la menor destrucción de tejido sano, sobre todo en los tratamientos tumorales.

■ “La importancia de la Física en nuestra carrera es tal que ha llegado a convertirse en una especialidad sanitaria, con un sistema FIR implantado desde hace varios años”.

En los hospitales, los físicos han sido y siguen siendo fundamentales, hasta el punto de que sin el departamento de Terapéutica Física sería muy complicado controlar el aparato, las dosis adecuadas de tratamiento y la forma y el camino de llegar hasta el tumor.

La Física también es una asignatura de nuestra carrera de Medicina, y muy importante en nuestra formación, tanto que se ha abierto camino hasta convertirse en una espe-



cialidad sanitaria, con un sistema FIR que ya lleva varios años implantado, y que es muy necesario y muy enriquecedor para la Medicina.

Quiero felicitar a los compañeros físicos en este su año y agradecerles en nombre de los médicos de Madrid que hayan elegido nuestra casa para uno de los actos de su celebración. ■

JULIANA FARIÑA ES PRESIDENTA DEL COLEGIO OFICIAL DE MÉDICOS DE MADRID

Gonzalo Echagüe Méndez de Vigo

EL CENTENARIO DE EINSTEIN, UNA OPORTUNIDAD ÚNICA

Es una gran satisfacción, como presidente del Colegio Oficial de Físicos, compartir con muchos amigos un homenaje, que con motivo del Año Mundial de la Física, nuestra institución quiere hacer a todos los compañeros que dedican su actividad profesional a la dignísima tarea de cuidar de la salud de los demás en distintas facetas.

Como bien sabéis este Año 2005 está siendo muy importante para nuestro colectivo ya que la celebración del Año Mundial de la Física, conmemorando el centenario de la publicación de los famosos artículos de Albert Enstein, ha dibujado una oportunidad única para difundir a la sociedad la importancia de la Física en su desarrollo.

La figura de Albert Einstein ha sido recordada con profusión a lo largo de este año en todo el mundo. Su talla científica irrepetible, su ingenio y su faceta humana ha sido expuesta y difundida ampliamente. Sin embargo, este año está sirviendo no sólo para difundir su pensamiento y su obra sino, sobre todo, para llevar a la sociedad un claro mensaje.

Una sociedad desarrollada como la española, que tiene voluntad de estar a la cabeza de los países mas avanzados, debe apostar por la Ciencia. La Física está en la vida cotidiana de todos nosotros desde que nos levantamos hasta que nos acostamos. Debemos convencernos que una sociedad que no valora la ciencia, que no integra la ciencia como elemento esencial de la cultura, es una sociedad con graves síntomas de desarrollo. La sociedad debe integrar en su educación, desde temprana edad, la afición, la curiosidad y el gusto por el conocimiento. Recuerden que la información no es sinónimo, ni mucho menos, de conocimiento. El conocimiento debe basarse en la credibilidad, en la objetividad y en la capacidad de divulgar este planteamiento, y que debe formar parte, sin duda, de los objetivos prioritarios de la educación.

■ “Nuestra intención es ir más allá y aprovechar que todo el esfuerzo realizado este año no caiga en el olvido y siga viendo sus frutos en años posteriores”.

Esta preocupación la tenemos desde el COFIS. Y junto con otras instituciones y asociaciones, como las que están aquí, estamos poniendo todo nuestro esfuerzo y saber hacer en esta tarea. Las innumerables actividades que estamos realizando este año. Los portales en la web [Fisica2005](#) y [FisicaySociedad](#), o en los boletines semanales divulgando los actos y actividades más relevantes a la sociedad más interesada, lo avalan. Con todo ello pretendemos que sea el germen de una iniciativa, a la que convocamos a todas las sociedades amigas, para conseguir en el futuro próximo conformar un verdadero Observatorio de la Educación y el Conocimiento.



Ha sido un año lleno de exposiciones, conferencias, congresos... que han acercado un poco más a nuestra sociedad el valor que la Física tiene en sus vidas. Nuestra intención es ir más allá y aprovechar que todo este esfuerzo no caiga en el olvido y siga viendo sus frutos en años posteriores.

Como cierre a la celebración, el Colegio de Físicos ha organizado este acto con el que pretende hacer un reconocimiento a la labor que nuestro colectivo realiza dentro del campo de la Física Médica y, más concretamente, de la Radiofísica Hospitalaria.

Una de las líneas prioritarias de trabajo del Colegio es la de dar a conocer los ámbitos profesionales de actuación de nuestro colectivo y precisamente la Física Médica es una de las actividades más importantes y al mismo tiempo, en algunos ámbitos, no muy conocida.

Desde principios del siglo pasado, las aplicaciones de la Física en la Medicina han ido creciendo progresivamente, y las nuevas unidades de tratamiento y de diagnóstico han requerido el incremento del número de físicos en los hospitales de todo el mundo. Las posibilidades médicas que han aportado técnicas como el diagnóstico por imágenes, el tratamiento con radiaciones, trazadores, etc, han permitido mejoras sustanciales en la calidad de la salud de las personas.

Desde el Colegio damos gran importancia a la divulgación del carácter multidisciplinar y dinámico del físico, a través de las diversas charlas y actividades que realizamos en las universidades, centros educativos, empresas... pero la Física Médica es un buen ejemplo de esto.

Con este acto, Aportaciones de la Física a la Medicina, queremos dar a conocer, por un lado, de forma general, la contribución que la Física como disciplina científica ha tenido, tiene y tendrá en el desarrollo de técnicas para el diagnóstico, la terapia y la prevención en la Medicina moderna. Y de forma particular, reconocer la labor de muchos profesionales gracias a los cuales hoy la Radiofísica Hospitalaria es una realidad.

Espero, por último, que esta jornada sea no sólo de reconocimientos sino también un acicate para seguir avanzando todos al servicio de la sociedad. ■

GONZALO ECHAGÜE ES PRESIDENTE DEL COLEGIO OFICIAL DE FÍSICOS.

Pedro Galán Montenegro

EN BUSCA DE UN OBJETIVO COMÚN, LA SALUD

Me complace expresar en nombre de la Sociedad Española de Física Médica (SEFM) y en el mío propio, el honor y la enorme satisfacción que en el acto final del Año Mundial de la Física, organizado por el Colegio Oficial de Físicos de España, se reconozca la aportación de la Física a la Medicina, y que rinda homenaje, además, al desarrollo de la Especialidad de Radiofísica Hospitalaria como especialidad en Ciencias de la Salud.

Asimismo, es una doble satisfacción por el hecho de participar en el reconocimiento a tres ilustres damas de nuestra Sociedad. Ellas participaron en el origen de la misma y han contribuido activamente en el desarrollo y creación de la especialidad de Radiofísica Hospitalaria, del mismo modo que no podemos olvidar a otros muchos compañeros que han contribuido de igual manera a este desarrollo y podrían haber sido igualmente los símbolos en este acto.

Son numerosas y de gran importancia las aportaciones de la Física a las Ciencias de la Salud, desde lo que aporta la Física como ciencia base del conocimiento hasta aplicaciones directas en diagnóstico y terapia. Contribuye con conocimiento en el desarrollo de sistemas, dispositivos, sistemas de imágenes y de medida, algoritmos y modelos de cálculo, y aplica procedimientos propios en los procesos sanitarios. Dichos Procedimientos los desarrollan y llevan a cabo los especialistas en Radiofísica Hospitalaria, término que denomina en España a los especialistas en Ciencias de la Salud que aplican la Física Médica en los centros sanitarios.

■ “La aventura de la Física Médica, como la conocemos hoy, se podría decir que comienza con el descubrimiento de los rayos-X, y con su aplicación inmediata sobre personas.”

El desarrollo de los procesos sanitarios que se aplican a las personas es una labor multidisciplinar, donde especialistas de diferentes disciplinas colaboran en igualdad de condiciones para la obtención de un objetivo común, en el cuál participan los especialistas en Radiofísica Hospitalaria con aportaciones propias en diversas actividades.

La aventura de la Física Médica, como la conocemos hoy, se podría decir que comienza con el descubrimiento de los rayos-X, y con su aplicación inmediata sobre personas. También hay que señalar que el descubrimiento de los rayos-X supone el inicio de una gran aventura del Conocimiento, y quizás lo que en este año hemos celebrado sea una buena muestra de ello.



La contribución ha sido amplia y diversa, al igual que lo ha sido su reconocimiento público y científico. No han sido pocos los físicos galardonados con el Premio Nobel de Medicina por sus aportaciones a la salud, desde el modelo de la mecánica del oído interno en 1961 hasta las imágenes por resonancia magnética nuclear en 2003.

Considero que la Física Médica es una de las aplicaciones de la Física más apasionante, porque supone la aplicación directa de los métodos y conocimientos de la Física a personas para mejorar su salud, su calidad de vida y su seguridad.

Desde la Sociedad Española de Física Médica, agradecemos al Colegio Oficial de Físicos de España esta iniciativa de la que nos sentimos muy honrados y que supone un acercamiento más entre todos los físicos con sus aportaciones a la sociedad, al Colegio de Médicos de Madrid por su acogida y a todos los participantes con los que compartimos esta fiesta. ■

PEDRO GALÁN ES PRESIDENTE DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA MÉDICA.

María Teresa Estevan Bolea

LA SEGURIDAD Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN LAS INSTALACIONES

LAS INSTALACIONES RADIATIVAS MÉDICAS Y LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

La utilización de las radiaciones ionizantes con fines prácticos comenzó inmediatamente después de su descubrimiento a finales del siglo XIX. Las primeras aplicaciones se realizaron en el campo de la Medicina y durante la primera mitad del siglo XX se desarrollaron multitud de nuevas aplicaciones para diversos usos médicos, científicos e industriales. Desde el primer momento, fue prioritaria la protección radiológica.

El objeto principal de la protección radiológica es asegurar un nivel apropiado de protección al hombre y al medio ambiente sin limitar de forma indebida las prácticas beneficiosas de la exposición a las radiaciones. Concretamente, en el campo de la medicina, la utilización de las radiaciones ionizantes ha permitido desarrollar nuevas técnicas para el diagnóstico y el tratamiento. El desconocimiento de la población general sobre características, ventajas, inconvenientes, riesgos o beneficios que aportan las radiaciones es enorme.

Como en toda actividad en la que se producen o se opera con radiaciones ionizantes, el aspecto clave y al que se dedican todas las prioridades es la seguridad. Con este fin, los titulares de las instalaciones radiactivas realizan un autocontrol, es el control directo, y además el CSN realiza actividades de inspección y vigilancia del funcionamiento de las instalaciones.

■ “Dentro de las instalaciones radiactivas, el mayor número de trabajadores aparece en las instalaciones médicas, 87%, con una contribución a la dosis colectiva también del 87%.”

Actualmente, casi la totalidad de los hospitales del sistema público de salud poseen un Servicio de Protección Radiológica (SPR) propio, autorizado por el CSN y la actuación de estos servicios cubre más del 70 % de las instalaciones radiactivas médicas del país. Cada SPR presta servicios de protección radiológica a todas las instalaciones existentes en el hospital, y a las instalaciones radiactivas y de rayos X de su área sanitaria asociada.

Las UTPR realizan funciones análogas a los SPR pero a solicitud de los titulares de las instalaciones radiactivas, como entidad externa bajo contrato.

En el momento presente existen 58 SPR y 44 UTPR autorizados: 52 de esos SPR actúan en centros hospitalarios y 16 UTPR actúan en instalaciones radiactivas de segunda y ter-



cera categoría, el resto de la UTPR lo hace exclusivamente en instalaciones de radio-diagnóstico médico.

ENCOMIENDA DE FUNCIONES DEL CSN A LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS

Actualmente el CSN tiene firmados ocho acuerdos de encomienda con las Comunidades Autónomas. Las actividades encomendadas a las Comunidades Autónomas son las siguientes:

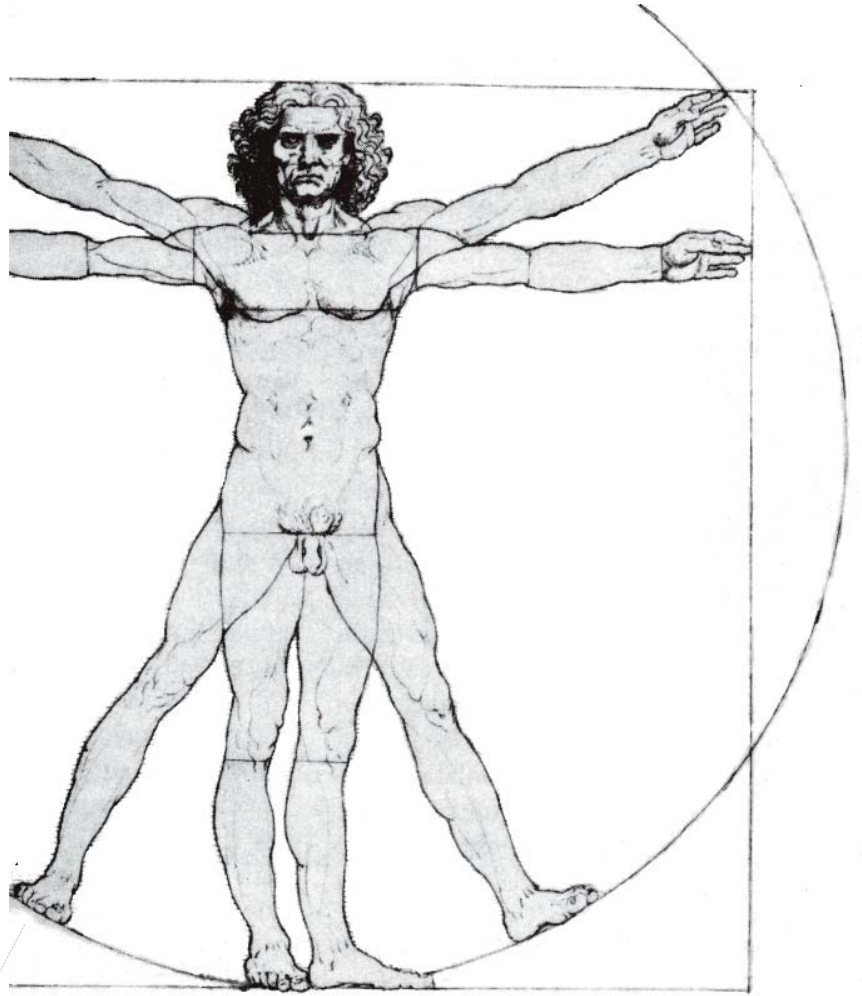
1. Evaluación técnica para la licencia y control de instalaciones radiactivas: Cataluña, Baleares, País Vasco, Canarias y Valencia.
2. Inspección de instalaciones radiactivas y transporte de material radiactivo: Cataluña, Baleares, Valencia, Galicia, Navarra, País Vasco y Canarias.
3. Vigilancia radiológica ambiental: Cataluña, Baleares, Valencia, Galicia, Navarra, País Vasco y Canarias (tan sólo Cataluña y Valencia tienen actividades en marcha).
4. Formación y licencias de personal de operación de instalaciones radiactivas: Cataluña y Baleares.

Un aspecto de especial importancia para el funcionamiento seguro de las instalaciones es que las personas que actúan en las mismas posean una adecuada formación en materia de protección radiológica.

Dentro de las instalaciones radiactivas, el mayor número de trabajadores aparece en las instalaciones médicas, 87 %, con una contribución a la dosis colectiva también del 87 %; realizan su actividad en instalaciones industriales el 7 % de los trabajadores, con una contribución a la dosis colectiva del 11 %; y realizan su actividad en instalaciones de investigación y docencia el 6 % de trabajadores, con una contribución a la dosis colectiva del 2%.

En cuanto a la evolución temporal, se observa que tanto la dosis colectiva como la dosis individual media se mantienen constantes o incluso se reducen, pese al aumento del número de trabajadores. ■

MARIA TERESA ESTEVAN ES PRESIDENTA DEL CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR.



Menciones Especiales

AÑO MUNDIAL DE LA FÍSICA

Pilar Olivares

Jefe del Servicio de Dosimetría y Radioprotección
del Hospital Gregorio Marañón

La Radiofísica Hospitalaria, una experiencia muy personal

Mi primer contacto con esta actividad es muy lejano. Estaba estudiando Preuniversitario y acudíamos todos los viernes a unas conferencias sobre orientación universitaria que se impartían en la calle de Alcalá, en lo que entonces era Instituto Nacional de Previsión. Allí acudió un día el Dr. Blanco Soler para contarnos algo relacionado con su experiencia en una especialidad nueva denominada Medicina Nuclear, en la cual se utilizaban fuentes radiactivas para diagnosticar y tratar enfermedades.

Me pareció algo interesantísimo. Yo era de Ciencias y aplicar los conocimientos de Física en ayudar a las personas era muy atractivo.

Superé el Preu, entré en Físicas y allí pasé cinco años escuchando que la única salida profesional posible que tendríamos sería la enseñanza y, si tenía mucha suerte, la investigación, pero que si pensaba vivir de la Física, lo olvidara.

Terminé Físicas, los augurios se cumplieron y comencé a dar clase en un colegio pero a los pocos meses una compañera de Facultad me dijo que un médico que conocía su hermano buscaba un físico para trabajar en una 'bomba de cobalto' que se iba a instalar en un hospital y que si quería ir. Recordé de inmediato la conferencia del Dr. Blanco Soler y decidí embarcarme en la aventura.

Era febrero del 1963. Nevaba como nevaba entonces, con grandes copos blancos y espesos. Con el miedo metido en el cuerpo entré en el recinto del Hospital de San Juan de Dios, un hospital de enfermedades de la piel, fundamentalmente de leprosos. En él, un joven médico con una reciente especialidad denominada Medicina Nuclear había conseguido montar un centro para el tratamiento de enfermos oncológicos, con el patrocinio económico de la Asociación Española Contra el Cáncer. Venía de Inglaterra y en Inglaterra había físicos en los Hospitales; los ingleses decían que eran necesarios para hacer una buena radioterapia y aquí no íbamos a ser menos que los ingleses, así que el joven médico especialista en Medicina Nuclear buscó un físico que colaborase en esa empresa que iniciaba: tratar enfermos con una flamante 'bomba de cobalto' adquirida por la Asociación Española contra el Cáncer e instalada en el pabellón número 6 del Hospital de San Juan de Dios.

El grupo de colaboradores del Dr. Pérez Modrego estaba compuesto por una serie de jóvenes entusiastas que se habían embarcado con él en una apasionante aventura: luchar contra el cáncer. Eran médicos en su mayor parte, pero, dando prueba de una amplia visión de futuro que contemplaba la necesidad de una colaboración interdisciplinar, el Dr. Pérez Modrego había incorporado en su grupo a un químico, un biólogo y ahora un físico. Colaboraban esporádicamente otros dos físicos más: Antonio Plata, fisicoquímico y Sergio García Ozcoyen, hijo de un ginecólogo muy conocido en aquellos años. Es difícil recordar a todos cuando ha pasado tanto tiempo, pero quiero dedicar un recuerdo especial a dos médicos que significaron mucho para mí en el terreno humano y profesional, y que ya no están con nosotros: El Dr. D. Severino Pérez Modrego y el Dr. D. Vitorino Martínez. Se trata de dos caballeros, palabra que pronto

habrá que buscar en el diccionario, que dedicaron su vida a luchar contra el cáncer y sucumbieron en su lucha. Desde donde estéis, sabed que siempre os recordaré con cariño, admiración y respeto.

Mi trabajo se ha desarrollado siempre en la misma entidad, que ha cambiado de nombre muchas veces a lo largo de su historia y de esa historia me gustaría hablar un poco.

La historia de los hospitales en Madrid empieza a tener verdadera importancia durante el reinado de Felipe II y a él se debe la creación del Hospital General. En aquel tiempo llegó a haber en Madrid catorce o quince hospitales que se mantenían casi exclusivamente de la limosna pública que no bastaba para sostenerlos de una forma digna. El Estado los subvencionaba medianamente. Felipe II tuvo la idea de reunirlos en uno solo, pero la mayor parte de ellos eran fundaciones religiosas y por tanto fue preciso consultar a la Iglesia. Al Concilio de Toledo le pareció muy mal la idea y contestó que no. Pero Felipe II no se detuvo ante esta negativa y recurrió directamente al Papa en 1556 por medio del embajador en la Santa Sede, D.

■ “La historia de los hospitales en Madrid empieza a tener verdadera importancia durante el reinado de Felipe II y a él se debe la creación del Hospital General”.

Enrique de Guzmán, conde de Olivares, padre del conde-duque, y hombre de genio fuerte, que consiguió convencer al Papa Pío V. No obstante, solo se reunieron los hospitales de hombres bajo el nombre de Hospital General de la Encarnación y San Roque en las

que se llamaban Casas de santa Catalina, quedando aparte el Hospital de Mujeres, por miedo a la comunidad de sexos.

Pronto se hicieron ambos insuficientes y se trasladaron a un gran Albergue de Pobres que en 1596 había fundado en Atocha D. Cristóbal Pérez de Herrera, protomédico del rey. Los hombres se trasladaron el 9 de junio de 1603; las mujeres, procedentes de su Hospital de la Pasión, en 1636. Los dos reunidos se llamaron Hospital General de la Pasión y fueron el origen del Hospital General de Madrid, cuyo primer Reglamento data de 1589, actual Hospital General Universitario "Gregorio Marañón"

Desde 1589 hasta ahora han cambiado mucho las cosas, y entre estas cosas que han cambiado se encuentra la forma de aprender los físicos a utilizar las radiaciones ionizantes en Medicina.

En la celebración del Año Mundial de la Física no pueden faltar algunas reflexiones sobre la Radiofísica Hospitalaria, una de las aplicaciones de la Física menos conocida por la Sociedad e incluso por los propios físicos, pero no por ello menos importante y de menor impacto. Constituye una especialidad postgrado cuya formación se realiza en régimen de residencia, dentro del ámbito hospitalario.

A todos, alguna vez en nuestra vida, nos han prescrito un estudio radiológico más o menos complejo. Sin embargo, pocos pensamos que los equipos utilizados en la exploración, al parecer inofensivos, están sometidos a un programa de garantía de calidad que incluye la medida de los parámetros físicos, la verificación de la calidad de imagen y la estimación de la dosis

impartida a los pacientes. Todas estas actuaciones, misión del especialista en radiofísica hospitalaria, tienen como objetivo conseguir que se obtenga la información clínica necesaria con el menor daño radiológico posible al paciente y se aplican a todos los equipos de radiodiagnóstico, sea cual fuere su grado de complejidad.

En el programa de garantía de calidad están incluidos los equipos de rayos X utilizados en radiología intervencionista, metodología que permite efectuar una terapia para resolver determinados problemas clínicos sin necesidad de cirugía tradicional. Estas técnicas son desarrolladas en campos tan diferentes como hemodinámica, urología, digestivo y algunos más que sería largo mencionar. Cuando nuestro problema clínico se puede resolver con una litotricia o un cateterismo, sepamos que los especialistas en Radiofísica Hospitalaria han colaborado de forma activa al éxito del tratamiento, controlando los parámetros físicos y de imagen del equipo de rayos X que se ha utilizado.

Cuando una persona, con una enfermedad no deseada, necesita un tratamiento con Radioterapia, no sospecha que en la consecución de los objetivos buscados, además de los médicos, están implicados unos profesionales especialistas, los radiofísicos, que previamente han calibrado las máquinas que se van a utilizar, han realizado, en colaboración con los radioterapeutas, un estudio de distribución de dosis de radiación en la zona a tratar, protegiendo los órganos críticos incluidos en ese volumen y han emitido un informe con los datos suficientes para que el tratamiento se realice con unos criterios de calidad establecidos de antemano. No sabe que una parte importante del éxito del tratamiento se debe a este conjunto de actuaciones.

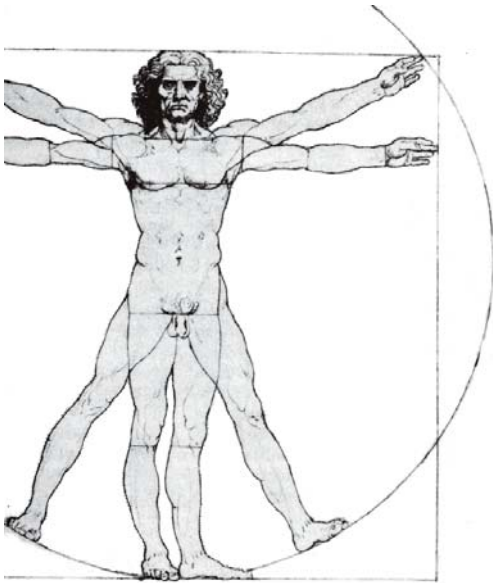
■ “La sociedad pocas veces se plantea que en el ámbito de la Medicina un gran grupo de profesionales están expuestos a radiaciones ionizantes de una forma continuada”.

Gran parte de la sociedad posiblemente ignora que, cuando una persona necesita un tratamiento o un diagnóstico en el que se emplea material radiactivo, se van a generar residuos radiactivos que pueden afectar negativamente tanto a las personas como al medio ambiente. Los especialistas en radiofísica hospitalaria gestionan estos materiales de desecho para limitar la producción de efectos indeseables.

La sociedad se plantea pocas veces pensar que en el ámbito de la Medicina, un gran grupo de profesionales, radiólogos, radioterapeutas, inmunólogos, cardiólogos, traumatólogos etc., están expuestos a radiaciones ionizantes de una forma continuada. Para evitar efectos perjudiciales para la salud como consecuencia de la exposición a radiaciones ionizantes, es necesario establecer unas medidas de protección radiológica que comprenden entre otras tareas, el diseño adecuado de instalaciones, el control de dosis individuales recibidas por los profesionales, la elaboración de historiales dosimétricos individualizados, la elaboración de normas de trabajo, la información y formación de los trabajadores en materia de protección radiológica etc. También estas funciones son labor de los especialistas en radiofísica hospitalaria.

Confiamos en que la celebración del año mundial de la Física contribuya a un mayor conocimiento de una especialidad apasionante y en continua evolución. ■





Marina Téllez

Jefe del Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica del Hospital La Paz

Brochazos sobre Física y Medicina en el siglo XXI

El papel de la Física es tratar de comprender la estructura de la materia estudiándola tanto desde la vertiente teórica como de la experimental por lo que los avances en esta ciencia son un balance dinámico entre teoría y experimento.

Es innegable que el impacto de la tecnología ha modificado la sociedad de forma bien patente y va a seguir influyendo en la misma con gran peso en sus cambios, pero también es evidente que la Física es una parte muy significativa de sus fundamentos.

La sociedad en general, que incorpora a su quehacer diario las herramientas tecnológicas, no percibe la importancia de la investigación básica ya que utiliza mecanismos e instrumentos que afloran al mercado y con frecuencia se pregunta para qué emplear recursos en estas áreas no inmediatamente aplicadas; pero bien es verdad que muchos descubrimientos dan lugar a frutos insospechados y sin relación directa con los motivos por los que se pusieron en marcha. Y así nos encontramos en una espiral en la que resultados de experimentos generan herramientas técnicas que, a su vez, ayudan a explorar nuevas regiones del espacio-tiempo, para manipular la materia y aun más para revelar fenómenos físicos hasta ahora inaccesibles. Como ejemplo de que la relación entre experiencias y sus aplicaciones a la vida cotidiana no hay más que ver la masiva aplicación del transistor, del laser en la actualidad etc... ¿Quién piensa que el sistema de posicionamiento global GPS se basa en la teoría de la relatividad de Einstein?

Instrumentos desarrollados en laboratorios de física en las últimas décadas permiten la manipulación de materiales átomo a átomo lo que esta desarrollando disciplinas revolucionarias tales como la nanociencia y la nanoingeniería.

En cuanto a almacenamiento de datos de información digital, en 2002 se ha creado el equivalente a un libro de 25000 páginas de texto para cada ser humano gracias al conocimiento de las propiedades atómicas de la materia y se prevé la duplicación del proceso cada 18 meses con chips más pequeños y con mayor número de componentes, chips que se espera en pocos años que se reduzcan a dimensiones atómicas

El World Wide Webb (WWW) surgió de la necesidad de coordinar experimentos en el campo de las partículas elementales del CERN. La tan conocida hoy red mundial entre ordenadores, justifica toda la investigación realizada por los países europeos en el CERN, el mayor laboratorio de física de partículas del mundo.

Mirando al universo, sólo un 5% de la materia está en forma de estrellas planetas, gases interestelares, partículas elementales y cuerpos celestes, el resto se encuentra en forma de materia oscura, de naturaleza aún desconocida, lo que es un gran reto para los científicos.

Las fronteras de la Física no están delimitadas y, con frecuencia, los tópicos de investigación son abordados desde distintas disciplinas. La interconexión entre física, química, ciencia de materiales y biología tiene un potencial casi ilimitado de aplicaciones en medicina, como ocurre en el estudio del cerebro humano con estudios de imagen con técnicas de medicina nuclear; SPECT, PET-CT, Resonancia magnética, estudios neurofisiológicos, magnetoencefalografía, imagen molecular, fusión de imágenes etc. En un futuro próximo se prevé un gran despliegue en biología y medicina con el soporte de ciencias básicas.

Como hemos dicho, la mirada hacia el universo es apasionante y de gran impacto social. Las propiedades microscópicas de la materia están conectadas con el macrocosmos. Los elementos más pesados se sintetizan en el interior de las galaxias por explosiones de estrellas al final de la vida. Algunas estrellas colapsan dejando un núcleo gigante formado apenas por neutrones, otras tienen núcleos cristalizados en forma de inmenso diamante... Pero lo más apasionante es la formación de los seres vivos. Parece que vivimos en un universo que se expande aceleradamente y la cosmología moderna es un producto de la teoría gravitacional de Einstein y de las observaciones astronómicas de los telescopios.

A muchos les parece, a priori, que para qué gastar dinero en estas búsquedas científicas, pero las investigaciones "no aplicadas" (agujeros negros, estructura microscópica de la materia etc) se emplean más tarde en soluciones sin ninguna relación con la motivación original -equipos muy utilizados hoy en medicina se han desarrollado a partir de descubrimientos que, inicialmente, no tenían ningún objetivo práctico. En la última década se han implantado técnicas para manipular individualmente átomos, moléculas y fotones. Mediante campos electromagnéticos es posible aprisionar y manejar un único átomo o molécula y hacerlo interactuar con otro átomo, molécula o fotón preso en una cavidad.

■ “Existen diversas áreas relacionadas con el desarrollo de la instrumentalización que pueden tener efectos multiplicativos, beneficiando a toda la sociedad”.

Materiales e instrumentos de alta precisión pueden aplicarse al estudio de moléculas biológicas -por ejemplo, se pueden estudiar propiedades físicas de las moléculas de ADN. Aprisionándolas mediante "pinzas ópticas" de haces de láser y con haces de radiofrecuencia "láser de átomos", se pueden hacer medidas de alta precisión.

Existen diversas áreas relacionadas con el desarrollo de la instrumentación que pueden tener efectos multiplicativos beneficiando a toda la sociedad como es el caso del diagnóstico médico: PET,CT, RM, integración y proceso de imagen requieren el diálogo de varias "lenguas" del conocimiento.

Los ordenadores cuánticos que codifican la información a través de los "qbit", pueden calcular en paralelo en vez de secuencialmente aumentando significativamente la velocidad del proceso.

La Nanociencia investiga materiales que tengan, al menos, una de sus dimensiones menor o



del orden de algunas decenas de nanómetros - un átomo es del orden de 0,2 nm y un virus oscila entre 30 y 100.

La nanotecnología se ocupa de las aplicaciones de las nanociencias. El manejo de la materia a escala atómica puede incidir en microelectrónica, telecomunicaciones, plásticos, vacunas y fármacos, entre otros. Drexler imagina el desarrollo de "desatascadores de arterias o nanorobot dentistas. El físico Sumio Iijima desarrolló hojas de grafito que se enrollan para formar un fino tubo tipo spaghetti de 2-3 nm con lo que pueden fabricarse sólidos más ligeros pero mucho más resistentes que el acero, y que obviamente pueden tener aplicaciones sanitarias.

La mayor parte de los fármacos tiene aspectos positivos y negativos, y es la estructura molecular de la droga la que define dónde puede llegar el medicamento que, a veces, produce efectos secundarios severos. Se trata de construir vehículos auto-ensamblados en el espacio, en bloques muy pequeños, y una vez introducidos los fármacos dirigirlos internamente a la zona afectada por la enfermedad, sin afectar a órganos sanos.

■ “Todo esto requiere equipos humanos pluridisciplinarios, bien conectados y comunicados, así como una investigación básica y aplicada caminando en paralelo”.

Los avances en radioterapia han sido espectaculares y van a seguir siéndolo en un futuro. Por ejemplo, en el tratamiento con iones pesados. Las células cancerígenas mueren con mayor facilidad si la lesión es tan grande que la probabilidad de reparación correcta es pequeña y se conoce que los haces de iones de carbono son los más adecuados para producir daño irreparable al final de su recorrido mientras que producen un daño reparable en su camino. Existen dos centros con este tipo de tratamiento. La Fundación TERA en Italia y otro Centro en Austria donde reobtienen energías de hasta mil millones de eV/nucleón en un sincrotrón de 100 m. de diámetro

bilidad de reparación correcta es pequeña y se conoce que los haces de iones de carbono son los más adecuados para producir daño irreparable al final de su recorrido mientras que producen un daño reparable en su camino. Existen dos centros con este tipo de tratamiento. La Fundación TERA en Italia y otro Centro en Austria donde reobtienen energías de hasta mil millones de eV/nucleón en un sincrotrón de 100 m. de diámetro

Otras mejoras serán la utilización del PET-CT en rutina, la fusión de imágenes, los sistemas 4D que tienen en cuenta los movimientos fisiológicos de los órganos, p. ej los pulmones al respirar; la radioterapia adaptativa con modulación de la prescripción y de la administración de dosis, la radioterapia 4-D guiada por imagen, el hiperfraccionamiento, el desarrollo de conos de megavoltaje que permite la reconstrucción de la dosis diaria basada en la anatomía del paciente en tiempo real, etc.

En lo que atañe a diagnóstico por imagen no hay más acudir cada año a la RSNA, en Chicago, donde pueden verse y probarse todas las ventajas e innovaciones de equipos de radiología y medicina nuclear. Donde hay que tener en cuenta el mayor uso clínico de la fusión de imágenes. Y no sólo esto, también se desarrollan continuamente materiales para trasplantes aplicaciones de la física de plásmo, la realidad virtual... Se conocen 5000 instrumentos médicos y productos de diagnóstico que utilizan biomateriales. Los costes en salud pueden bajar utilizando nuevos cristales, instrumentos mas pequeños y baratos para cirugía con aumento de técnicas no invasivas, etc.

Todo esto requiere equipos humanos pluridisciplinarios bien conectados y comunicados y una investigación básica y aplicada caminando en paralelo. ■

María Cruz Paredes

Jefe del Servicio de Radiofísica
del Hospital Puerta de Hierro

Historia de una profesión

Si bien la medicina se nutre de las ciencias básicas, cuando no se confundía con ellas como pasaba en el renacimiento, la contribución más llamativa se produce a partir de finales del siglo XIX con los descubrimientos de los RX y la radiactividad y sus inmediatas aplicaciones a la medicina.

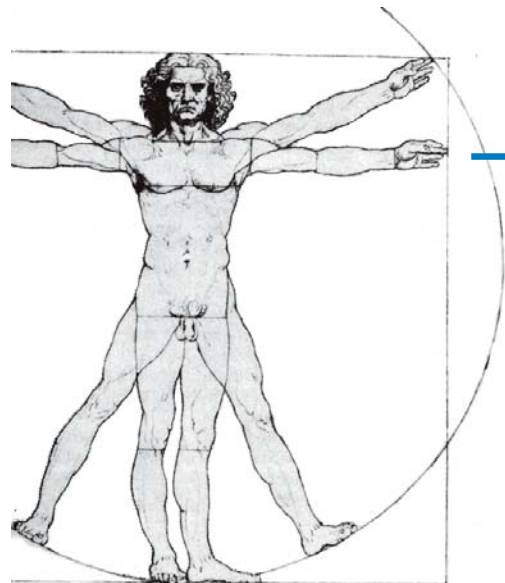
Los avances de la ciencia y de la tecnología a lo largo del siglo XX han sido continuos, acelerados y prodigiosos, la medicina sin duda, no ha corrido ajena a ellos y ha tenido la necesidad de plantearse la colaboración de otros profesionales para resolver problemas que plantean el uso de agentes físicos, por ejemplo.

Es a partir de los años 30 del siglo pasado cuando empiezan a incorporarse los físicos a los hospitales de algunos países europeos, como Inglaterra y Suecia. En España la incorporación de los físicos a los hospitales comienza en 1963.

Aunque los agentes físicos que intervienen en sanidad son múltiples, es difícil imaginar una función fisiológica en la que la Física no tenga algo que ver: la vista, el oído, la tensión arterial, la temperatura, la mecánica de todos los movimientos, los potenciales evocados, etc, es, sin duda, la aplicación de radiaciones ionizantes a terapia, la actividad que desencadena la demanda de físicos para medir la dosis de radiación que han de recibir los pacientes en los tratamientos.

Como todo en la vida humana tiene una razón de ser, podemos hacer una panorámica de la situación de la medicina y de la sociedad en la etapa en que empezaban a incorporarse los físicos a los hospitales. Esta fase coincide en la mayoría de los países europeos con el final de la segunda guerra mundial. Esta conflagración universal obliga a replantearse la vida en todos los órdenes, se pasa de las dictaduras a las democracias, se exige la socialización de la sanidad, se pasa de una medicina en que el acto médico con la relación médico paciente es el eje de la asistencia, a que la medicina sea un servicio social en el que necesariamente tiene que haber una organización que avale la asistencia. Desde el punto de vista técnico, científico y profesional es necesario conocer, medir, y controlar los agentes que se aplican a los pacientes, para garantizarles la calidad de los tratamientos, y ésta es la situación en que la medicina se hace multidisciplinar y requiere la participación de otros profesionales en la asistencia médica entre los que los físicos no son ajenos.

La incorporación de los físicos a los hospitales en España coincide con la creación de grandes hospitales de la Seguridad Social, lo que supuso un cambio importante en la asistencia sanitaria. Los hospitales hasta entonces eran clínicas o sanatorios que pertenecían a entidades privadas, que estaban atendidos por enfermeras y monjas, y los médicos iban solo a operar y a pasar visita, sin coordinación ni programa común entre ellos. En los hospitales de la Seguridad Social se empezó a trabajar a jornada completa y con unos objetivos propios del hospital y de cada uno de los servicios que lo componían.



Pero en este contexto social que se estaba produciendo, la función de los físicos en los hospitales había que crearla, y no dejábamos de ser extrañas (las primeras éramos mujeres) en este ambiente hecho por y para el médico.

El choque con el mundo real como lo es un hospital, para un científico fue muy importante, y más si a eso se añade que estrenábamos profesión, ahí es nada, y ¿de qué se trataba?, ¿de hacer lo que nos pedían los médicos que nos habían llamado? ¿Que pintábamos unas chicas como nosotras, en unos lugares como éstos? Esto nos lo preguntábamos nosotras, pero también nos lo preguntaban los demás, tanto dentro como fuera del hospital. Sin duda, constituíamos un ente raro dentro del hospital, que podría representar un signo de..... ¿mayor calidad?, ¿de lujo incluso?, ¿de interés zoológico?.... Nos presentaban a las visitas de alto rango que llegaban al hospital, yo fui mostrada a Franco y al entonces Príncipe, entre otras personalidades que nos visitaban, y nos presentaban como: *ella es nuestro físico*.

Perdonad estas frivolidades, pero creo que constituyen una experiencia común inicial de lo que ahora es la Radiofísica Hospitalaria en España, Física Médica, en otras latitudes de nuestro entorno.

El camino recorrido en estos más de 40 años de nuestra existencia, que es la de la Radiofísica en España, ha sido largo y muy intenso desde todos los puntos de vista: el científico, el tecnológico, el social, el profesional, el legislativo, etc. El camino que queda por recorrer de ahora en adelante, se pierde casi en el límite de la función cuando la variable tiende a infinito. A mi ya me sobrepasa el presente, y el futuro es inalcanzable.

La situación actual de la Radiofísica, de los Radiofísicos, en cualquiera de los campos tratados en el párrafo anterior, era casi inimaginable hace unos cuantos años; en los años setenta se llegó a pensar que la Radioterapia perdería importancia, incluso llegaría a desaparecer cuando el tratamiento del cáncer pudiera hacerse con quimioterapia.

Hoy día la Radioterapia, con todo lo que la Física le viene aportando, no solo no se ve desbancada por la Quimioterapia, sino que se ha convertido en el tratamiento de elección en múltiples procesos, sustituyendo incluso a la cirugía, con lo que esta técnica supone dentro del mundo médico. Y esto es posible gracias a los avances asombrosos tanto de equipos de tratamiento como de sistemas de medida y control preciso de las radiaciones, aportaciones todas ellas que vienen del mundo de la Física y la Ingeniería y la Informática.

ORGANIZACIÓN DE RADIOFÍSICA. SERVICIOS

La organización de los radiofísicos es y ha sido diversa en España, como lo es entre unos y otros países de la CE.

En general se comenzó formando parte de un Servicio clínico, generalmente Radioterapia, cuando la actividad se reducía a atender las necesidades del servicio que nos había reclamado; pero la incorporación de nuevas funciones como la protección radiológica y la atención a los servicios de diagnóstico por imagen obliga a pensar en una organización más reglada en la que el establecimiento de servicios de Radiofísica independientes parece la más racional y seguramente la más rentable. Existen, no obstante, modelos variados de organización de los

FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DE LOS RADIOFÍSICOS

- Diseño de instalaciones donde se vayan a emplear medios físicos de diagnóstico y terapia: Instalaciones de Radiodiagnóstico, de Resonancia, de Medicina Nuclear, de Radioterapia, etc.
- Elaboración de especificaciones técnicas para la adquisición de equipos tanto de terapia como de diagnóstico con radiaciones u otros agentes, como es el caso de la resonancia, ecógrafos, etc.
- Selección de equipos de diagnóstico y terapia.
- Verificación de todas estas instalaciones desde el punto de vista de protección radiológica y calidad.
- Pruebas de aceptación y de referencia de todos los equipos de diagnóstico y de terapia.
- Elaboración y desarrollo de programas de calidad del equipamiento de terapia y diagnóstico.
- Diseño y control de equipamiento auxiliar.
- Calibración y verificación de instrumentación de medida de las radiaciones.
- Dosimetría física de todos los equipos, fuentes y haces de radiación, así como de todos los procedimientos y aplicaciones de las radiaciones.

- Dosimetría clínica individual de todos los pacientes que se tratan con radiaciones, y colectiva de todas las técnicas y equipos de diagnóstico.
- Elaborar procedimientos y establecer técnicas que garanticen la protección radiológica tanto de pacientes en todas sus aplicaciones, como de profesionales de todas clases que se vean afectados por las radiaciones y del público en general.
- Informar a los órganos de gestión sobre la legislación vigente en materia de Protección Radiológica, y vigilar su cumplimiento.
- Garantizar la utilización precisa y segura de todos los equipos y fuentes de diagnóstico y tratamiento.
- Formación, en las materias en que son competentes, de personal sanitario, (médicos, enfermeras, técnicos, etc), radiofísicos, público (pacientes, familiares, etc).
- Estar al día de los avances de la tecnología para aplicarlos de forma adecuada al uso clínico (Diagnóstico y terapia)
- Desarrollar o participar en investigaciones que lleven a mejor conocimiento y aprovechamiento de los agentes físicos puestos al servicio de los pacientes.

radiofísicos en los distintos hospitales españoles.

La organización de los radiofísicos en Servicios de Radiofísica o Física Médica independientes es compartida por organismos nacionales e internacionales como la sociedades de Física Médica de Estados Unidos, de Canadá, del Reino Unido, de Alemania, de Francia, etc.. Y la EFOMP quien establece que:

La organización de los servicios de Física Médica en la atención sanitaria varía mucho de unos países a otros dentro de Europa. Los mayores standard y la mejor relación coste-beneficio, de estos servicios generalmente se obtiene si los servicios están organizados a partir de un Departamento independiente de Física Médica. Esto significa que el jefe de esos departamentos debe ser un Radiofísico con experiencia y responsabilidad profesional en todas las áreas, provisión de los servicios científicos y en la administración del departamento. Esta responsabilidad puede alcanzar solo al hospital o incluso pasar también a su área de influencia. Los pequeños departamentos dispersos suelen resultar más caros y menos eficientes, a la vez



que se puede ver comprometida la calidad y la seguridad en la asistencia a los pacientes. Por tanto se recomienda que los pequeños Servicios o personas dispersas trabajen en colaboración con los Servicios más grandes.

La organización de la Radiofísica en Servicios independientes, como los Servicios clínicos a los que atiende, presenta muchas ventajas para la organización hospitalaria y para los propios Radiofísicos:

- Permite la obtención de recursos propios de la Radiofísica con el mismo nivel de influencia que lo hacen los Servicios clínicos.
- Permite participar en decisiones sobre equipamiento de diagnóstico y terapia, de la que los hospitales no deben prescindir y nosotros no podemos renunciar a dar.
- Ofrece un mayor enriquecimiento profesional al poder participar en las distintas áreas de la especialidad.
- Permite un mejor aprovechamiento de los recursos tanto humanos como materiales.
- Permite participar en los debates y decisiones que afectan al funcionamiento del hospital al mismo nivel que cualquiera de los demás Servicios Clínicos, y eso beneficia al hospital y a los profesionales.

■ “En estos más de 40 años de andadura se ha creado una profesión nueva para la Física en España, que no ha dejado de avanzar, y cuyos horizontes son casi infinitos”.

EPÍLOGO

La Medicina del siglo XXI tiene que ser multidisciplinar.

La Física ofrece a la Medicina su carácter analítico y cuantitativo

que aporta calidad. La participación interdisciplinar en los procedimientos sanitarios enriquece a todos los que toman parte y también al mismo procedimiento.

Los campos de colaboración entre las ciencias básicas y la medicina son inmensos y el porvenir está abierto. Los avances de la medicina han ido y seguirán yendo de la mano de la colaboración entre todos.

En estos más de 40 años de andadura se ha creado una profesión nueva para la Física en España, que no ha dejado de avanzar, y cuyos horizontes son casi infinitos. Es una hermosa profesión que tiene que compaginar la humanidad y pragmatismo de la medicina con el análisis cualitativo y cuantitativo de la ciencia, es una profesión a la que merece la pena entregarse con ilusión, porque hay mucho por hacer, y devolverá con creces el esfuerzo que se le dedique. ■

PARTICIPANTES EN EL ACTO



JULIANA FARIÑA



GONZALO ECHAGÜE



PEDRO GALÁN



MARÍA CRUZ PAREDES



RAFAEL HERRANZ



FAUSTINO GÓMEZ



MARÍA TERESA ESTEVAN



PILAR OLIVARES



MARINA TÉLLEZ



JOAQUÍN LEJEUNE



JOSEP BARÓ



MIGUEL EMBID



MESA DE AUTORIDADES JUSTO AL COMIENZO DEL ACTO EN EL COLEGIO OFICIAL DE MÉDICOS, EL PASADO 1 DE DICIEMBRE DE 2005.

VARIAS DE LAS PERSONALIDADES QUE FORMARON MÁS TARDE LA MESA DE PONENTES, JUNTO AL PÚBLICO ASISTENTE AL ACTO.





MOMENTO EN EL QUE LAS HOMENAJEADAS, MARÍA CRUZ PAREDES, PILAR OLIVARES Y MARINA TÉLLEZ, RECIBEN EL GALARDÓN QUE CONMEMORA SU TRAYECTORIA PROFESIONAL.





Mesa de Ponentes

Rafael Herranz Crespo



Jefe del
Servicio de
Oncología
Radioterápica
del Hospital
Gregorio
Marañón

LA COLABORACIÓN ENTRE FÍSICA Y MEDICINA

Dado que ningún campo de la Ciencia es una isla y que el conocimiento de la Biología y de su funcionalismo es el resultado de la unión del conjunto de Ciencias interdependientes entre sí, a día de hoy puede afirmarse que la mayoría de los avances en la salud y en la Biomedicina están respaldados por principios y aplicaciones emanados de la Física.

Hoy más que nunca puede afirmarse que hay que aprovechar el gran poder que tiene la sinergia entre la Medicina, la Biología y la Física para reducir los frecuentes problemas de salud.

En lo que respecta a la Medicina, muy pocas especialidades médicas pueden tener a gala conocer el exacto momento de su nacimiento, como las vinculadas a las Ciencias Médicas de la Radiología, a saber, Radiodiagnóstico, Medicina Nuclear y Oncología Radioterápica, especialidades médicas así conocidas desde principios de los años 80 hasta cuyo momento se agrupaban bajo la denominación común de Electroradiología.

Conocida es la historia de la gestación de las diversas líneas de lo que después sería la aplicación médica de los Rayos X y la Radiactividad, aplicados al diagnóstico y a la terapia de las enfermedades del ser humano. Roentgen (1895), Becquerel (1896), Curie (1898) y, posteriormente, (1934), Joliot-Curie, y así hasta una larga serie de aportaciones

tanto en la línea investigadora y de descubrimientos como en el estudio de la Física Atómica y la descripción de los sucesivos modelos atómicos.

Paralelamente surge la descripción de los efectos adversos de su uso bajo aspectos intuitivos y de empirismo dosimétrico. Nace así la Radiobiología, que sienta las bases de la diferente radiosensibilidad de los tejidos orgánicos y la necesidad de crear normas que ayudasen a proteger al ser humano, sano o enfermo, de estos efectos nocivos.

No faltaron los detractores ni tampoco los aprovechados pero el hombre, fiel a su tradición de uso del sentido común, asocia Ciencias como la Física, la Ingeniería, las Matemáticas y progresivamente la Informática, para que asociadas a potentes inversiones económicas, permitan iniciar el diseño y construcción de grandes máquinas generadoras de energías cada vez mayores para su uso en Terapia y de Equipos de diagnóstico aprovechando tanto la emisión de Rayos X como para la detección de radiación gamma procedente de elementos radiactivos artificiales introducidos en el organismo humano.

Si nos centramos inicialmente en el DIAGNÓSTICO POR IMAGEN, el perfeccionamiento progre-

sivo en la obtención de imágenes, los primeros tomógrafos e intensificadores, el uso de contrastes radio opacos, etc., hace que la Radiología de los primeros 70 años del siglo XX vaya acercándose a momentos en los que aparecen las dos grandes aportaciones a la imagen. La electrónica y el tratamiento digital de la adquisición de imágenes nos traen la Tomografía axial computarizada (TAC) de la mano de Godfrey Hounsfield en 1970 y la Resonancia Nuclear Magnética (RNM) en 1972 cuando P. Lauterbur aplica a la obtención de imágenes del cuerpo humano lo que ya se venía utilizando para espectroscopia de cuerpos sólidos.

Del uso de los primeros Isótopos Radiactivos desde su descubrimiento en 1934 por el matrimonio Joliot - Curie, el I-131 fue el primero en utilizarse para estudio y tratamiento de la patología tiroidea, a la incorporación del Tc-99m y de los primeros escaners y gammágrafos hasta las modernas tomo-

■ “Ya no es necesario para ver el interior del cuerpo, lo que en tiempos se decía “abrir” y “mirar”, sino que nos estamos acercando al concepto del hombre transparente”.

gammacámaras con tratamiento digital de imágenes y reconstrucción virtual, la evolución de la Medicina Nuclear morfológica y funcional viene siendo constante. Ya podemos observar no sólo morfología sino también vascularización y funcionalidad. El SPECT tomogra-

fía por emisión de fotón único es el mejor exponente de ello.

Nos acercamos a pasos agigantados a la visualización completa del cuerpo humano. Surge un nuevo concepto de la Anatomía Radiológica. Ya no es necesario para ver el interior del cuerpo lo que en tiempos se decía como "abrir y mirar", nos acercamos al concepto del hombre transparente.

Faltaba algo que permitiera no sólo mejorar la calidad de las imágenes anatómicas, sino que además fueran complementadas por las obtenidas en razón de la bioquímica y la alteración de la fisiología en áreas orgánicas afectas por patología como el cáncer. El necesario aumento de consumo de glucosa por la elevada síntesis de proteínas del desarrollo tumoral, conjuntamente con el conocimiento de la Física de las partículas atómicas permite proceder al "marcaje" de las moléculas de Glucosa sustituyendo un átomo de Oxígeno por otro de Flúor 16. Como consecuencia, estas nuevas moléculas marcadas se depositarán en el entorno o el interior de las células cancerosas. La emisión de positrones desde ellas va a dar lugar a un fenómeno de aniquilamiento entre electrones negativos y positivos emitiendo dos radiaciones gamma que salen en direcciones opuestas y con la misma energía de la masa del electrón. Su detección mediante un sistema, diseñado por Ter-Pogossian en EEUU, de detectores en anillo, permite definir áreas hiperactivas metabólicamente integradas por células tumorales. Se conoce con el nombre de Tomografía por emisión de positrones, TEP o PET.

La ingeniería y la electrónica permiten a día de hoy obtener imágenes de fusión de manera que la conjunción de TAC, RNM y PET sitúan anatómicamente la o las zonas patológicas. Esta técnica, que está llamada a ser la del Siglo XXI, está ya consolidada para diagnóstico oncológico, estadificación tumoral, planificación radioterápica y seguimiento post-tratamiento.

En lo que a RADIOTERAPIA se refiere, las primeras máquinas generadoras de alta energía son de los años 30. Lawrence, 1932, construye el primer Ciclotrón emisor de neutrones. Van der Graaf, 1933, diseña el primer generador electrostático y ya en 1937 se generan fotones de alta energía secundarios a la colisión de electrones acelerados.

El primer Betatrón, Kerst 1940, permite acelerar electrones hasta energías entre 20 y 300 MeV. En 1947 se inicia la producción en serie de Aceleradores Lineales que, de forma oficial en Europa se utilizan en clínica a partir de 1952 en el Hammersmith Hospital de Londres. En el mismo año se fabrican para uso clínico las primeras máquinas, bombas de Co-60 y Cs-137.

El problema de la Radioterapia siempre ha sido el excesivo depósito de energía de la radiación en zonas sanas circundantes al objeto ideal de tratamiento. A la búsqueda de minimizar este efecto negativo, sobre todo en los llamados órganos críticos, se ha dedicado la Física, más aun desde la especialización que realizan mediante sistema de formación como internos y residentes en Radiofísica Hospitalaria, y la Ingeniería Los sistemas computarizados para planificación terapéutica basados en tratamiento de imágenes de las áreas a tratar y de los órganos críticos que en ellas se encuentran, con reproducción tri y hasta tetra dimensional nos aproxima a ésta posibilidad.

El uso de partículas pesadas, neutrones, protones y hasta iones pesados, con pico de frenado y depósito de energía prácticamente total en el objeto de tratamiento, son ya una realidad pero, por el elevado costo de las instalaciones, se encuentran aun lejos de nuestro alcance.

■ “Biológicamente Física y Medicina conviven como una forma de simbiosis y dentro de ella como mutualismo, ya que la asociación es necesaria y ventajosa para ambos”.

Confiamos en el desarrollo de la Inmunoradioterapia que permita concentrar en el seno de los tumores isótopos radiactivos por mecanismos inmunológicos, algo todavía en desarrollo y lejos de nuestro medio, al igual que la técnica de captura de neutrones por el Boro e irradiación selectiva de los tumores cerebrales.

Sin embargo, procedimientos técnicos basados en el uso de Aceleradores Lineales dotados de complementos como colimadores multiláminas, visión portal y posibilidad de adaptación de dosis en función del tejido patológico o normal que atraviesa la radiación, Intensidad modulada IMRT, va permitiendo con cada vez mayor exactitud minimizar dosis no necesaria. La Tomoterapia utiliza la tecnología estructural del TAC para irradiar de forma continua.

Otros avances son la Radioterapia estereotáxica intra y extracraneal que permite depositar en puntos muy bien definidos geométricamente altísimas dosis de radiación. Podemos también administrar una dosis única elevada, hasta 12 Gy como acto intraoperatorio, Radioterapia intraoperatoria R.I.O.

Las técnicas de Braquiterapia, de tasa de dosis variable, están consiguiendo depositar en contacto o



en el interior del órgano portador de un tumor, elevadas dosis de radiación con mínima repercusión en las estructuras vecinas.

Nos acercamos, pues, a grandes pasos hacia una situación óptima que la dosis necesaria para alcanzar la destrucción tumoral pueda ser lo suficientemente elevada, sin que repercuta mínimamente en estructuras vecinas sanas.

Si en algo ha aportado la Física a la salud de las personas es en el desarrollo de la PROTECCIÓN RADIOLÓGICA. Los primeros usos, y también abusos, dejaron no pocos mártires en el camino. Si en 1906 ya se sentaron las bases del comportamiento biológico de los diferentes tejidos humanos frente a las Radiaciones, en 1925 los expertos en Física reconocieron la necesidad de cuantificar la exposición. El Congreso Internacional de Radiología de 1928 crea el I.C.R.U. y la I.C.R.P. que rigen hasta nuestra época tanto las Unidades y medidas de radiación, como las normas de Protección radiológica y las dosis de exposición máximas permisibles para profesionales, pacientes y público en general.

En 1957 se firma el tratado EURATOM y posteriormente se promulga el principio ALARA que racionaliza el uso de las Radiaciones Ionizantes, sobre todo en su uso médico.

El primer Reglamento sobre las Instalaciones Nucleares y Radiactivas en nuestro país es de 1973. En 1980 se crea el Organismo regulador de Protección radiológica en España, el Consejo de Seguridad Nuclear y en 1984 inicia su andadura en la Gestión y tratamiento de los residuos radiactivos, ENRESA.

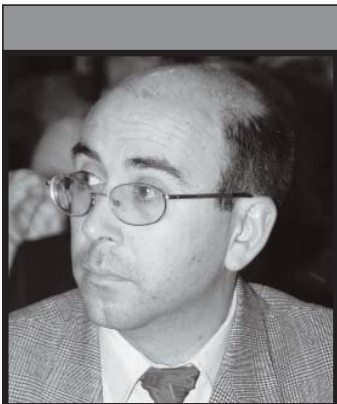
En la actualidad, el Control de Calidad de las Instalaciones está regulado por tres Reales Decretos relativos a la optimización de las Instalaciones de Medicina Nuclear (RD 1841/1997), Radioterapia (RD. 1566/1998) y Radiodiagnóstico (RD. 1976/1999). La Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes se regula en el Reglamento que al respecto se ha renovado en Julio del año 2001.

EPÍLOGO

Se puede concluir que la sinergia y colaboración entre la Física y la Medicina mediante el control de la energía de la radiación, la imagen médica y la limitación del daño secundario, ha abierto múltiples posibilidades para el diagnóstico y tratamiento de la enfermedades, y en definitiva permite aumentar no sólo el tiempo de vida, sino también con una mejor calidad.

Biológicamente, Física y Medicina conviven como una forma de simbiosis y dentro de ella como mutualismo ya que la asociación es necesaria y ventajosa para ambos. Creo que todos debemos de felicitarnos por ello. ■

Faustino Gómez Rodríguez



Profesor de la
Universidad de
Santiago de
Compostela en
el área de Física
Atómica,
Molecular y
Nuclear

PROYECTOS ACTUALES EN EL CAMPO DE INVESTIGACIÓN DE LA RADIOTERAPIA

Hace tan sólo cuatro años que creamos el Grupo de Investigación en Radiofísica dentro de la Universidad de Santiago. En aquel momento, los investigadores que nos lo planteamos proveníamos del CERN en Ginebra, donde habíamos estado trabajando en instrumentación y detección en Física de Partículas. Desde entonces hemos desarrollado líneas de investigación asociadas al campo de la radioterapia colaborando con distintos centros de investigación y clínicos.

En el campo de la instrumentación construimos y probamos las primeras matrices de ionización líquida (isooctano) de alta resolución (1.7 mm) espacial, demostrando su fiabilidad y su idoneidad para la verificación de tratamientos complejos. Esta tecnología nos permite obtener perfiles fidedignos de dosis hasta en los mayores gradientes presentes en tratamientos de Radioterapia de Intensidad Modulada.

Otra de las líneas de investigación ha sido el desarrollo de técnicas de simulación Monte Carlo, que nos permiten en radioterapia evaluar el error de medida de ciertas cámaras de ionización, conocer de modo preciso el haz generado en un acelerador lineal médico y calcular la dosis depositada en el paciente.

Actualmente, desarrollamos con el Centro de Supercomputación de Galicia, la Universidad de Vigo y otros colaboradores de USA el proyecto E-IMRT. Este ambicioso proyecto pretende poner a disposición de cualquier centro hospitalario una herramienta web de verificación y/o optimización de los planes de tratamiento.

De este modo, el radiofísico podría enviar su plan de tratamiento de radioterapia para ser calculado con una extrema precisión en un centro de gran potencia de cálculo usando la técnica de Monte-Carlo.

También hemos desarrollado en colaboración con los oncólogos radioterapeutas algunas técnicas de evaluación automática del posicionamiento de pacientes mediante sistemas de Imagen Portal Electrónicos (EPID). De este modo, se podría detectar un error de posicionamiento de un paciente durante las diferentes sesiones de tratamiento.

Desde el año 2004 colaboramos también con Siemens Oncology Care Systems (USA) en el desarrollo de equipos en sus nuevos aceleradores médicos para radioterapia. En general, después de estos intensos cuatro años, creemos que el campo de la Física Médica ofrece un enorme conjunto de posi-

bilidades para realizar una investigación de gran impacto social y tecnológico. En España hay muchos grupos de excelentes investigadores trabajando en esta área y creemos que se deben potenciar las líneas de financiación de I+D asociadas.

Actualmente, existe una meritoria iniciativa del CIEMAT con el objetivo de aglutinar las actividades de investigación en Física Médica en España. Sin embargo, no debe olvidarse que la Física Médica, como área interdisciplinar, tiene la obligatoria servidumbre (para quienes investigamos en ella) de permanecer cercana a las necesidades clínicas y técnicas que demanda la práctica diaria de los centros hospitalarios.

Por desgracia, en la mayoría de ellos los profesionales sanitarios tienen una demanda asistencial tan

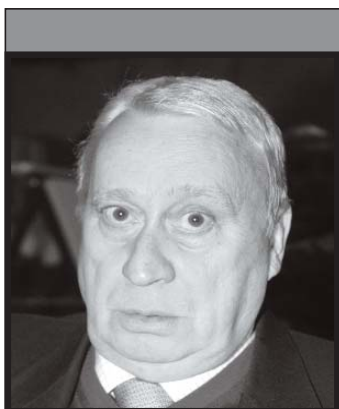
■ “España carece todavía de una apuesta oficial firme para el desarrollo de un centro nacional de hadronterapia, algo que todos nuestros vecinos europeos ya poseen”.

elevada que impide que puedan realizar tareas investigadoras. La ausencia en el sistema español de Departamentos de Física Médica como parte integrante de los hospitales universitarios y el desarrollo de la especialidad de Radiofísica fuera

del sistema universitario, debilitan el desarrollo de las líneas de investigación aplicadas en esta área. Por ejemplo, España carece todavía hoy de una apuesta oficial firme para el desarrollo de un centro nacional de hadronterapia, algo que prácticamente todos nuestros vecinos europeos ya tienen.

Por todo ello, debemos incentivar un sistema de investigación en Física Médica al servicio de nuestros profesionales de la sanidad, pero también con una profunda vocación innovadora tratando de involucrar más al sistema universitario español en esta noble tarea. ■

Joaquín Lejeune Castillo



Jefe del
Servicio de
Electromedi-
cina del H. U.
Virgen de la
Macarena y
Vicepresidente
de la SEEIC

PRESENTE Y FUTURO DE LA FÍSICA EN LA MEDICINA

INTRODUCCIÓN

La clausura del Año Mundial de la Física nos sirve para reflexionar sobre la actual relación unívoca de la Física con la Medicina y concluir que la Medicina del futuro estará cada vez más tecnificada, por lo que será necesario que los Centros Hospitalarios e Instituciones Sanitarias dispongan de profesionales con una formación apropiada para que la instrumentación médica, que maneja el personal sanitario, sea, por este orden, segura, precisa y fiable.

No se trata, en este momento, de escribir sobre Medicina como practica de diagnóstico y tratamiento, sino de ver como los conocimientos físicos se aplican en la instrumentación utilizada en la práctica médica y entrever qué nos depara el futuro.

La Medicina se fundamenta en la observación de las evidencias (motor del desarrollo de sus conocimientos) y en la capacidad del hombre para explicar lo que ve. Para ello, necesita de imágenes y anotar lo detectado (registro). Los tratamientos a los pacientes, hoy día, y cada vez más, necesitan de una mejor y más precisa tecnología.

La SEEIC, Sociedad Española de Electromedicina e Ingeniería Clínica, indica en una publicación reciente: "A nadie se le escapa la enorme y creciente dependencia de la Medicina con la Tecnología. En su actividad diaria el médico debe ser, además de un experto conocedor de las ciencias de

la salud, un cualificado "operario" de dispositivos, nuevas tecnologías que se están incorporando a los Hospitales, con un considerable coste de inversión. Estos avances tecnológicos mejoran la Asistencia Sanitaria colaborando decisivamente en la obtención de diagnósticos cada vez más fiable y terapias más precisas; por el contrario, la complejidad y sofisticación que llevan asociados requieren de nuevos profesionales en los hospitales".

En la actualidad, se dispone de más de 5.000 equipos con funciones distintas, según datos de la FDA, que se utilizan en la práctica médica, diagnóstico, tratamiento y apoyo al paciente. Esta situación se traduce en que hay más de 60.000 equipos, de marcas y modelos diferenciados. El número de fabricantes resulta imposible de calcular, debido a la gran dificultad de diferenciar entre fabricantes y distribuidores.

Si observamos los equipos médicos existentes en una institución sanitaria, por diferentes evaluaciones, que la media es de 4,5 por cama. En un hospital de 500 camas, por tanto, habrá 2.250 equipos electromédicos. Ante este panorama tan numeroso y con técnicas muy avanzadas es donde la Física ofrece respuesta y es necesario un personal cualificado en los centros hospitalarios.

INVASIVO , No INVASIVO

El procedimiento del Sistema Invasivo será cada vez más preciso y su aplicación se hará con el menor riesgo. Se utiliza, y se seguirá haciendo, para medir variables biológicas y para profundir fluidos que soportan todo tipo de drogas al paciente.

La utilización de los Procedimientos No Invasivos es cada vez mayor y, gracias al desarrollo de nuevos detectores, es el campo donde el avance ha sido más espectacular. Pero es necesario que este desarrollo se produzca también en los procedimientos de calibración, así como del valor medido.

Estas técnicas no invasivas, PSANI, son utilizadas en los procedimientos de diagnóstico y control del paciente, tanto en situaciones críticas, como agudas.

LA FÍSICA MÁS ALLÁ DE LOS RAYOS X

El espectro de las radiaciones electromagnéticas es muy amplio, solo una pequeña zona corresponde al rango de los RX, y otro más estrecho, a la luz visible. Lo curioso de este amplio espectro es su comportamiento con resto del cuerpo humano, existiendo una gran variabilidad en función de la longitud de onda.

■ “El propio Ministerio de Sanidad carece del personal cualificado para analizar los incidentes adversos producidos por los Productos Sanitarios Activos No Implantables”.

El espectro de las radiaciones electromagnéticas es muy amplio, solo una pequeña zona corresponde al rango de los RX, y otro más estrecho, a la luz visible. Lo curioso de este amplio espectro es su comportamiento con resto del cuerpo humano, existiendo una gran variabilidad en función de la longitud de onda.

Nos vamos a centrar en dos ejemplos: uno muy conocido, los Rayos X, y el otro, la aplicación de la luz como terapia.

1. Rayos X

La utilización de las radiaciones ionizantes, ha proporcionado uno de los procedimientos para la obtención de imágenes diagnósticas, principio por el cual se ha generalizado como método diagnóstico más popular existente en medicina.

El número de salas de rayos convencionales y especiales, no sobrepasa la cantidad de 15 unidades, que para una institución sanitaria de 500 camas, donde se disponen de un total de 2250 equipos médicos, solamente representan un 0.67% del total.

No obstante, puede significar que, en el conjunto del equipamiento hospitalario de RX, en cuanto a número, no es el más significativo ni el de mayor coste.

La explicación de la creación de Rayos X es muy conocida y no vamos a explicarla en este artículo ya que en cualquier libro de Física podemos encontrar una descripción detallada del mismo, aunque queremos reflejar algo que tenemos bastante claro y es que el futuro de este dispositivo, no será muy diferente al

que conocemos hoy en día. También es conveniente reseñar que del 100 % de la energía que se pone en juego, sólo el 1 % se convierte en RX y que el tamaño de los dispositivos disminuirá en función de la capacidad de evacuar de forma más fácil el calor que produce.

2. Fototerapia

En sentido estricto, debe entenderse como el empleo terapéutico de la luz. Este agente físico, que acompaña al hombre desde que se inició su presencia en la tierra, es el responsable de la vida tal como la conocemos actualmente y se utiliza para el tratamiento de los neonatos con ictericia. Antiguamente se veía cómo los recién nacidos con ictericia, se recuperaban con exposiciones a la luz solar, lo que hizo reflexionar a los científicos de la época sobre el beneficio de la radiación.

Para las aplicaciones médicas de las radiaciones empleadas en fototerapia, las leyes y propiedades que rigen el comportamiento de las ondas electromagnéticas, son: (1) Ley del inverso del cuadrado de la distancia, (2) Ley del coseno de Lambert, (3) Ley de Bunsen-Roscoe y (4) Ley de Grotthus-Draper.

La ictericia se produce en los primeros días de vida de los neonatos. La luz, como agente terapéutico, elimina la bilirrubina del paciente puesto que un hígado inmaduro tiene baja capacidad para eliminarla. La fototerapia, fotones de luz, es un método seguro para el tratamiento de la ictericia porque produce una reacción que permite la precipitación de la bilirrubina.

La utilización de fibra óptica es otro método de aplicación de la fototerapia con la que se disminuyen los niveles de bilirrubina sérica (BS), a la vez que se minimiza la interferencia en el proceso de atención al paciente. El método es útil para el neonato, si se produce el efecto en las primeras 12 a 24 horas, por esto, a potencias mas bajas es eficaz. Por lo tanto, la longitud de onda de 460 nm es la que produce la disociación de la bilirrubina, siendo esta la de máxima intensidad. Por esta razón debemos garantizar, la mayor intensidad en esta longitud de onda, y que se valore en función del número de horas que se ha utilizado. La producción de calor es inherente al sistema de producción, pero esto es un mal indeseado. Para que la luz aplicada sea útil, la intensidad mínima debe ser de 15 microwatios/cm²/nanómetros, siendo el ideal el estar por encima de 20 microwatios/cm²/nanómetros. Por debajo de este valor la eficacia del procedimiento es de dudosa utilidad. El problema es que el equipo sigue produciendo luz, y sin embargo ya no es eficaz. Por ello es necesaria la puesta en marcha de un sistema de control de calidad de la potencia útil emitida.

Son sólo dos ejemplos de la multitud de PSANI que en la actualidad existen en una institución sanitaria. Todos los equipos electromédicos llevan asociados una tecnología donde los fenómenos físicos son aplicados.

ELECTROMEDICINA

La instrumentación que se utiliza en la práctica médica, recibe distintos nombres; Equipos Electromédicos, Aparatos Médicos, siendo el nombre propuesto por el Ministerio de Sanidad en el R.D. 664/1993 el de PSANI, Producto Sanitario Activo No Implantable.

Algunas de las líneas de actuación, investigación y desarrollo en el sector de electromedicina son la realización de sistemas de obtención y procesado de imágenes médicas, así como el desarrollo de técnicas de Electromedicina y el de sistemas inteligentes de ayuda al diagnóstico, monitorización y terapia.

El proyecto para la realización de un nuevo dispositivo tiene que cumplir los trámites del marcado CE, para Europa, o de la FDA para su posible venta en Estados Unidos.

En la actualidad hay alrededor de 50 fabricantes en España, pero pocos con alto nivel de calidad, siendo los más destacados: Rayos X, 2, Monitores, 1, Rehabilitación: 2.

Los expertos nacionales en estas materias indican que un elevado porcentaje de los dispositivos médicos de nuestros Hospitales presentan anomalías en su mantenimiento, lo que significa que existe un riesgo en su utilización que no está gestionado.

La falta de personal cualificado en los propios Centros Sanitarios para planificar, gestionar, documentar y ejecutar una adecuada asistencia técnica es una de sus principales causas. El propio Ministerio de Sanidad y Consumo carece del personal cualificado para analizar los incidentes adversos producidos por los denominados Productos Sanitarios Activos No Implantables (Equipos Electromédicos), que por Ley está obligado.

La Norma UNE 209001: 2002 IN, elaborada con amplio consenso de todas las entidades implicadas, recoge las opiniones de expertos y recomendaciones europeas al respecto, estableciendo una guía para la adecuada gestión y el correcto mantenimiento de todos los dispositivos médicos. Tres años después de su publicación, sólo el 10% de los Hospitales españoles ha podido implementar estas medidas de seguridad, control y calidad en la gestión y cuidado de sus equipos.

Por otro lado, los estándares internacionales sobre Calidad en Asistencia Clínica y Acreditación de Centros Sanitarios también recogen, como requisito para su certificación, la obligatoriedad de contar con profesionales en este campo. Un hospital que disponga de un Servicio de Electromedicina propio, tiene la posibilidad de **planificar** la adquisición de los nuevos equipos, **disminuir y optimizar** costes en su utilización, **reducir** los tiempos de parada y **aumentar** la seguridad y la formación.

Para conseguir la máxima eficiencia en su uso y disminución de riesgos que implica la utilización de los PSANI. Todo ello para produce un ahorro e incremento de la calidad asistencial.

Los PSANI son un bien inventariable, necesario para la actividad que se desarrolla en una institución sanitaria del que el personal sanitario debe conocer, su uso y riesgo; mientras que el usuario debe conocer el alcance de su utilidad.

La institución arbitra los medios para que todo esto funcione con seguridad, eficacia y sea útil para el paciente. ■

Miguel Embid Segura



Profesor del
Departamento
de Tecnología
en la Unidad
de Física
Médica del
CIEMAT

CONTRIBUCIÓN DE LA FÍSICA MÉDICA AL DIAGNÓSTICO MÉDICO POR LA IMAGEN

INTRODUCCIÓN: HITOS HISTÓRICOS

Leonardo Da Vinci se podría considerar el primer Físico-Médico de la historia de la humanidad debido a sus trabajos sobre el interior del cuerpo humano. Sin embargo, para llevar a cabo sus estudios en medicina necesitó diseccionar cuerpos de personas fallecidas. Cualquier lesión o enfermedad que ocurría en el interior del cuerpo de un paciente, como la localización y tamaño de una fractura ósea o la presencia de un cálculo renal, era una auténtica incógnita que sólo se podía resolver abriendo literalmente al paciente para desvelar qué es lo que ocurría.

Todo cambió el 8 de noviembre de 1895 cuando el físico alemán W. C. Roentgen descubrió accidentalmente los rayos X mientras estudiaba los rayos catódicos en un tubo de descarga gaseosa de alto voltaje. Roentgen se negó a comercializar o patentar su descubrimiento pues pensaba que pertenecía a la humanidad. Gracias a ello, los primeros tubos de rayos X para usos médicos se pudieron construir rápidamente y a un precio muy asequible.

Este hallazgo de la Física es el que mayor impacto directo tendrá en la Medicina. Con él nacerán la Radiología, la Medicina Nuclear y el comienzo de los estudios sobre la estructura de la materia, conllevando

todo ello a la creación de novedosas herramientas para el diagnóstico y tratamiento de algunas enfermedades.

Como curiosidad hay que mencionar que Sir William Crookes, 25 años antes del descubrimiento de los rayos X, tenía problemas con sus placas fotográficas, pues siempre se le velaban aunque las guardaba cuidadosamente en su mesa de trabajo..., al lado del tubo de descarga de rayos catódicos. Crookes tenía ante sí los rayos X pero no reconoció ese efecto.

Los siguientes avances en diagnóstico por la imagen se dieron en 1946 cuando Bloch y Purcell definieron los principios físicos en los que se basa la resonancia magnética, aunque el primer equipo médico basado en esta técnica no se construyó hasta 1981 gracias a la labor del físico Peter Mansfield (premio Nobel en medicina en el 2003).

En 1958 y debido al empleo de isótopos radiactivos nace la Medicina Nuclear con la aparición de la primera gammacámara de Hal Oscar Anger.

En 1971, la Asociación Médica Americana reconoce oficialmente la Medicina Nuclear como especialidad médica. Ese mismo año el físico Damanian descubre que la señal del hidrógeno en tejido canceroso es diferente que la del tejido sano, ya que este contiene más agua y, consecuentemente, más hidrógeno.

Es en las últimas cuatro décadas cuando el nivel técnico alcanzado por la imagenología ha sido especialmente productivo gracias a las posibilidades que ofrece la informática.

En 1973, Geoffrey Hounsfield sienta las bases de la tomografía computerizada, razón por la cual se le concede el premio Nobel en 1979. Gracias al avance espectacular de los equipos informáticos, la integración de las diversas modalidades de diagnóstico por imagen es una realidad clínica cotidiana que a su vez ofrece la posibilidad de ser usada para la planificación de tratamientos radioterapéuticos abriendo una vía al teleprocesamiento de imágenes y a la telemedicina.

PRINCIPALES TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

Hoy en día, las técnicas de diagnóstico por la imagen se dividen en dos grupos según se use radiación o no. En la Figura 1 se aporta una visión general de las principales técnicas de diagnóstico por la imagen.

■ “Uno de los objetivos más importantes en el área del diagnóstico por la imagen es obtener la mayor precisión posible, procurando la máxima protección radiológica para el paciente.”

Las desventajas que pueden presentar técnicas como por ejemplo la Medicina Nuclear (baja resolución espacial, baja especificidad, escasa disponibilidad por alto coste) son eliminadas cuando se fusionan con otras técnicas de diagnóstico o por

medio de técnicas de análisis in vitro como la radioinmunoanálisis (RIA), la cual usa isótopos radiactivos para determinar la concentración, con una sensibilidad muy alta, de una sustancia específica.

COLABORACIÓN IMPRESCINDIBLE ENTRE LA FÍSICA Y LA MEDICINA

El creciente uso de elementos físicos en Medicina ha promovido una interacción profunda entre la Física y la Medicina, creando la necesidad de integrar el conocimiento y las técnicas de estas dos ciencias. Esta estructura se conoce genéricamente como Física-Médica y su campo de acción se refleja en prácticamente todas las áreas de la investigación médica.

Uno de los objetivos más importantes de la Física Médica en el área del diagnóstico por la imagen es obtener la mayor precisión posible procurando la máxima protección radiológica para el paciente.

Para conseguir esto, las técnicas de diagnóstico por la imagen se están centrando en los siguientes puntos:

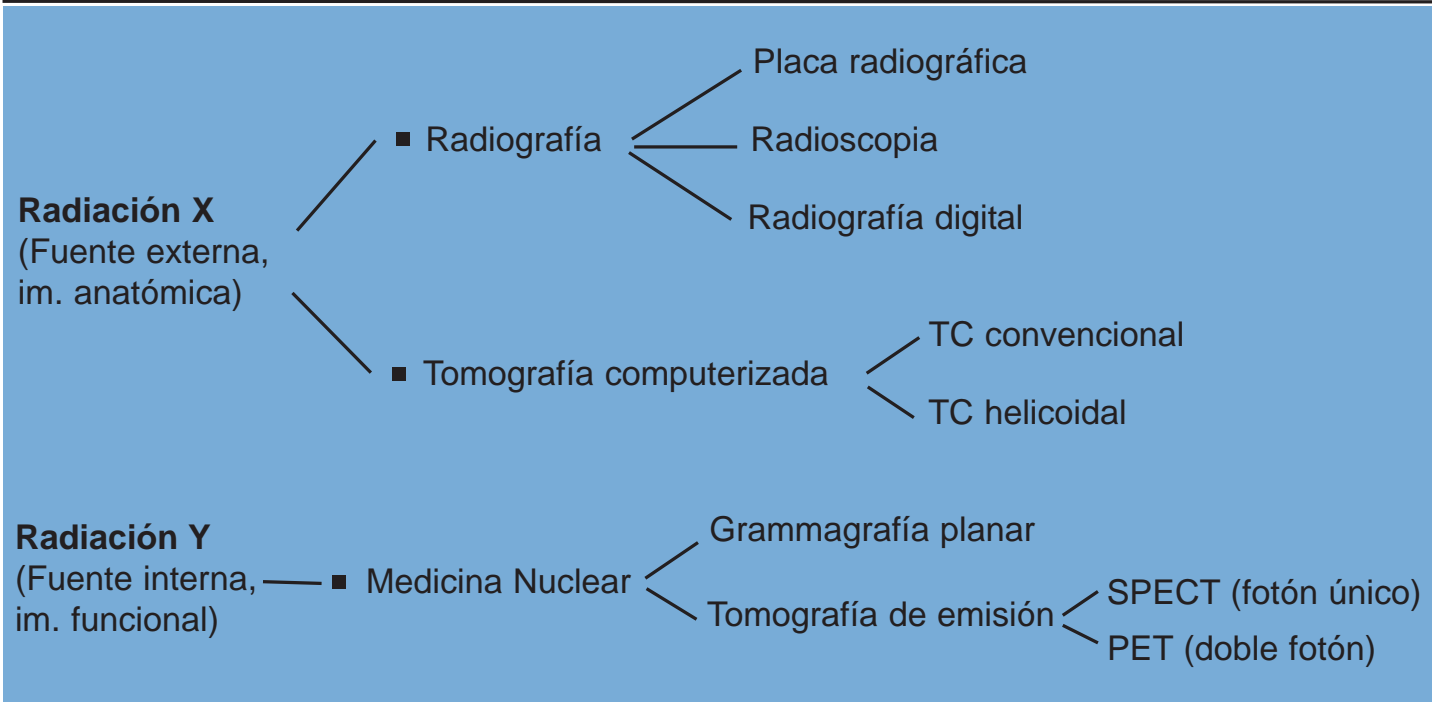
- Fusión de técnicas con y sin radiación, como por ejemplo la de tipo PET-RM. Con este tipo de fusión de técnicas se reduce la dosis radiactiva aplicada al paciente y se mejora la resolución de la imagen en la mayoría de los casos.
- Desarrollo de equipos médicos más específicos y funcionales que los actuales, como por ejemplo, el PEM (Positron Emisión Mamography), PET-Brain (PET para cabeza), etc.
- Uso de nuevos radio fármacos.
- Aplicación de campos magnéticos más intensos que los actualmente utilizados en la resonancia magnética nuclear.
- Uso de las técnicas de imagen para guiar tratamientos radioterapéuticos (tomoterapia).

Para el buen término de estos puntos es necesaria la colaboración estrecha entre el médico y el físico. El médico deberá determinar qué es lo que necesita ver y con qué resolución para poder realizar un diagnóstico exacto, mientras que el físico deberá desarrollar la herramienta necesaria para ello y procurar que el paciente reciba la menor dosis de radiación posible en el menor tiempo de exploración permisible. ■

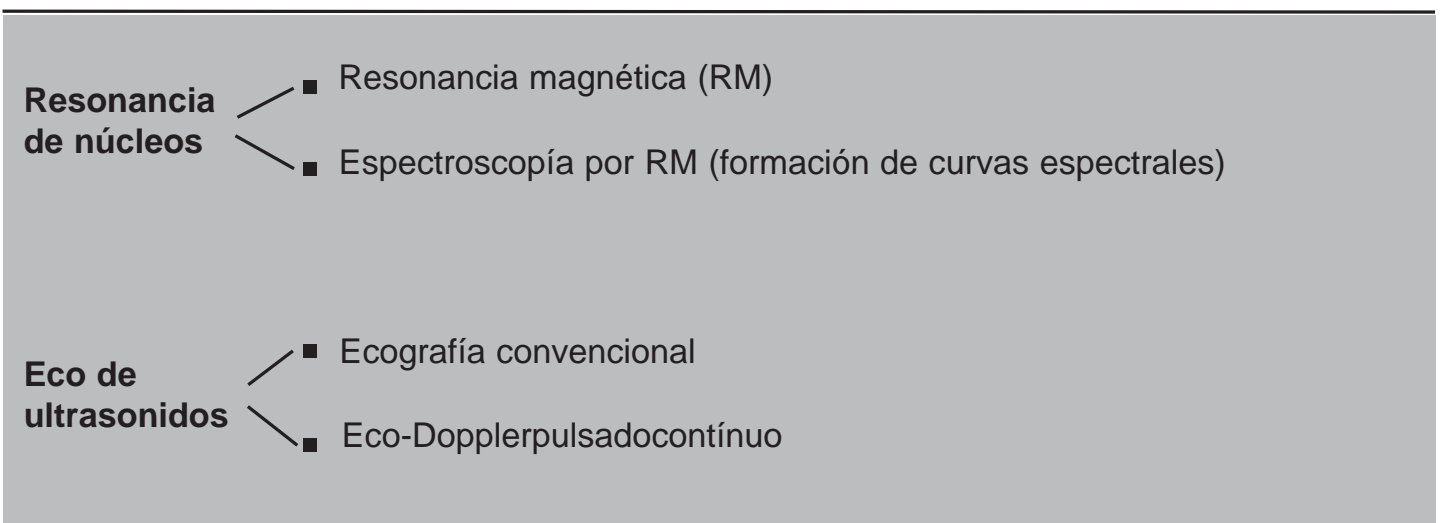


TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO POR LA IMAGEN
(Figura 1)

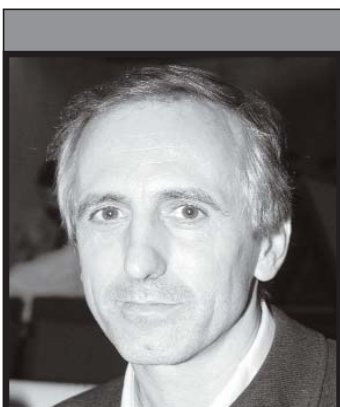
1. Radiación



2. Sin Radiación



Josep Baró Casanovas



Gerente y
Jefe de
Protección
Radiológica
de ACPRO,
Unidad
Técnica de
Protección
Radiológica

TEJIDO EMPRESARIAL EN LA FÍSICA MÉDICA: APLICACIONES A LOS SERVICIOS EXTERNOS

En términos generales, se puede decir que la Física Médica cuenta con los siguientes ámbitos de actuación:

a) Investigación y desarrollo, empezando por la investigación básica, que suele ser en campos muy específicos y en ocasiones distantes de las aplicaciones médicas. Posteriormente, pasa a la investigación aplicada, seguido del correspondiente desarrollo que suele tener un carácter extremadamente pluridisciplinar, por lo que necesita de la interacción con otras especialidades.

b) Fabricación de equipos y componentes, aplicado a diversos ámbitos, como son el diagnóstico por imagen, la radioterapia y la fisioterapia, entre otros, y todos ellos con sus correspondientes equipos electromédicos.

c) Labores asistenciales, colaborando con otros especialistas en la obtención y tratamiento, tanto de datos como de imágenes.

d) Control de equipos e instalaciones, siendo el ámbito de mayor penetración para los Servicios Externos concertados, por lo que seguidamente se detalla su alcance. En este punto hay que diferenciar dos ámbitos:

-El control de calidad, con las pruebas de aceptación, las pruebas de constancia, etc.

-La protección frente a las radiaciones, con especial tradición para el caso de las radiaciones ionizantes, también conocida como la “protección radiológica”.

Las actuaciones referidas al control de calidad están reguladas mediante los Reales Decretos que se detallan en la siguiente tabla, donde también se indican los artículos en los que se hace referencia específica a las funciones del Especialista en Radiofísica Hospitalaria, también denominado Especialista en Física Médica (EFM). En base a dicha normativa, en la tabla también se especifican los casos en los que se requiere del EFM indicándose además si éste ha de ser personal propio del centro o bien puede ser personal externo concertado:

(Tabla 1)

Radiodiagnóstico	1976/1999	7,10,11	Si / No (1)	Propios / Externos concertados (1)
Medicina Nuclear	1841/1997	11	Si(2)	Propios / Externos concertados (1)
Radioterapia	1566/1998	10,11,16	Si	Propio

- (1) Lo indicará la autoridad sanitaria competente, en función de la complejidad de la unidad.
- (2) Sí, salvo para los laboratorios de radioinmunoanálisis.

En cuanto a la protección radiológica, el organismo competente en esta materia es el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), el cual, a través de su Instrucción IS-08 (BOE de 5.10.2005), regula los tipos de instalaciones que requieren de asesoramiento específico en protección radiológica. Para las instala-

ciones radiactivas de centros sanitarios indica que cuando un mismo centro cuente al mismo tiempo con instalaciones de Radiodiagnóstico, Radioterapia y Medicina Nuclear habrá de disponer de un Servicio de Protección Radiológica (SPR) propio. También se indica que requieren

■ “El nivel de calidad de las UTPR es controlado por el CSN, mientras que el programa de garantía de calidad y su grado de implantación es controlado por la Autoridad Sanitaria”.

de asesoramiento específico en protección radiológica, a través de un SPR o de una Servicio Externo concertado, denominado Unidad Técnica de Protección Radiológica (UTPR), aquellos centros sanitarios que cuenten con:

- a) ciclotrones, para la producción de radionucleidos para la preparación de radiofármacos, e
- b) "instalaciones de rayos X para diagnóstico médico, teniendo en cuenta que el Real Decreto 1891/1991 obliga a que estas instalaciones sean declaradas adjuntando una certificación del proyecto expedida por un SPR o una UTPR y que anualmente sean verificadas mediante un control de calidad llevado a cabo por un SPR o UTPR", quienes han de contar con uno o más especialistas en Física Médica (EFM).

Así pues, mientras que en la externalización del control de calidad en la medicina nuclear el especialista en Física Médica puede actuar tanto en calidad de profesional independiente o bien como perteneciente a una empresa de Servicios, resulta que la externalización del control de calidad en radiodiagnóstico se ha de llevar a cabo desde una empresa de Servicios autorizada como UTPR. En cuanto a la externalización de la protección radiológica se ha de llevar a cabo a través de una empresa de Servicios, la cual ha de estar autorizada como UTPR por parte del CSN.

En base a lo expuesto, los grandes hospitales cuentan con un SPR propio, además de los EFM que par-

ticipan en el control de calidad de los equipos y también en las labores asistenciales; pero ello no impide que queden fuera de esta órbita una fracción no despreciable de instalaciones de medicina nuclear, además de la mayoría de las instalaciones de radiodiagnóstico, tratándose de escenarios de actuación de las UTPR y de los EFM externos concertados. Para que estas actuaciones externas resulten satisfactorias se requiere:

- a) que se garantice un adecuado nivel de calidad por parte de quien preste el servicio, y ...
- b) la complicidad del centro, tanto del titular como del personal sanitario, para una adecuada implantación del programa de garantía de calidad.

El nivel de calidad de las UTPR es controlado por el CSN mientras que el programa de garantía de calidad y su grado de implantación es controlado por la Autoridad Sanitaria. ■

Colegio Oficial de Físicos
www.cofis.es