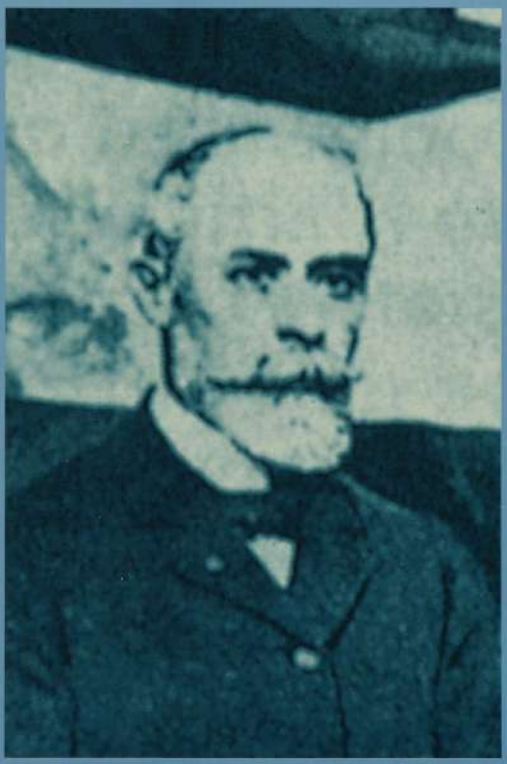
sefm

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FISICA MEDICA

miembro de la EFOMP y de la IOMP

BOLETIN SEFM

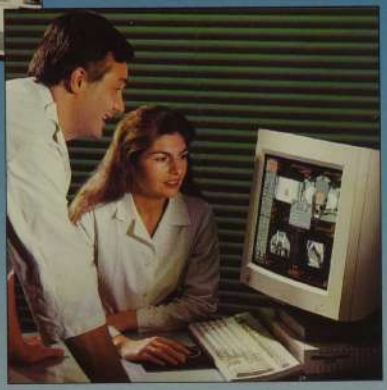
Nº3, 1996



http://med.unex.es/FisMed/SEFM/indice.html

GE Medical Systems España

Ofrece una amplia gama de soluciones para la Radioterapia.



- ✔ Acelaradores de diversas energías y prestaciones.
- ✔ Simulación virtual.

- ✔ Imagen en tiempo real.
- ✔ Colimación multihojas.

- ✔ Redes de comunicación de datos e imágenes compatibles con Dicom3.

GE Medical Systems España, S.A. Avda. de Europa, 22. Parque Empresarial La Moraleja. 28100 Alcobendas. Madrid. Tel. (34-1) 663 25 70. Fax. (34-1) 663 25 02

SUMARIO

PORTADA: RETRATO DE HENRI BECQUEREL

sefm

JUNTA DIRECTIVA

Presidente:
Bartolomé Ballester Moll
Vicepresidente:
Arrate Guisasola Berasategui
Secretario:
Juan José Torres Escobar
Tesorero:
Bonifacio Tobarra González
Vocales:
Esther Millán Cebrián
Juan José Peña Bernal
Alberto Sánchez-Reyes

BOLETIN DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FISICA MEDICA

http://med.unex.es/FisMed/SEFM/indice.html

CONSEJO DE REDACCION

Coordinador:
Alfonso Calzado Cantera

Manuel Alonso Díaz
Pedro Galán Montenegro
Alberto Sánchez-Reyes
Bonifacio Tobarra González

EDITA

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FISICA MEDICA (SEFM)
Apolonio Morales, 27
28036 Madrid

Realización y Publicidad

EDICOMPLET, S.A.
Apolonio Morales, 27
28036 Madrid
Tel.: (91) 350 49 17
Fax: (91) 350 76 52

ISSN: 1133/5394
Depósito Legal: Z-2829/92

Composición e Impresión: DGB

Carta del Presidente 6

La Junta Directiva Informa

XI Congreso Nacional de la SEFM 7

E.F.O.M.P. 8

Bolsa de Trabajo 9

Noticias

Sobre los comentarios a la carta del CDR 10

Congreso de Radiocirugía (Valencia) 11

15th Annual ESTRO Meeting 12

IV Congrés del Grup Oncològic Català - Occità (GOCO) 12

Libros 12

Tesis y Tesinas 13

Artículo Invitado

Cien años de radiactividad. *J. Rotblat* 14

Notas Técnicas

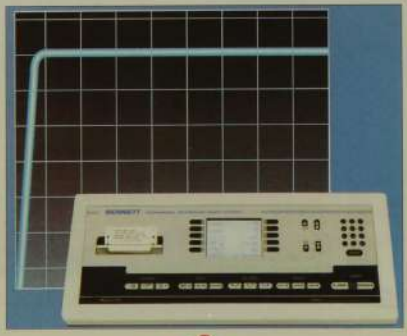
PENELOPE: Un programa Monte Carlo con aplicaciones en el campo de la radioterapia

A. Sánchez-Reyes, J. M. Fernández Varea, F. Salvat 20

FANTOMAS ALDERSON

Antropomórfico Referencia estándar para Radioterapia, Radiología, Medicina Nuclear y Física Médica

GENERADORES BENNETT DE 100 kHz



RAD-SURE ETIQUETAS DE IRRADIACIÓN DE SANGRE

RAD-SURE™		DATE:_____
25 Gy INDICATOR	NOT	IRRADIATED
ISP TECHNOLOGIES INC.		OPERATOR:_____

¿SANGRE IRRADIADA?
SÓLO HAY UNA FORMA DE ESTAR SEGURO
PARA EVITAR EL ERROR HUMANO
ETIQUETAS RAD SURE

RAD-SURE™		DATE:_____
25 Gy INDICATOR		IRRADIATED
ISP TECHNOLOGIES INC.		OPERATOR:_____

POSITRONICA S.A.

Pensamiento, 27 - Esc. Izq. 3º - 3
28020 Madrid
Tlf.: (9) 1 - 571 46 46
Fax: (9) 1 - 571 14 31

Castrillo, 51
35004 Las Palmas de Gran Canaria
Tlfs.: (9) 28 - 24 06 79 / 24 20 57
Fax: (9) 28 - 23 41 07

MATERIAL CLINICO FLORIDA, S. L.

Parque Monte Alcedo • Calle 6, N.º 101
46190 RIBA-ROJA DE TURIA (Valencia)
Teléfono (96) 275 00 71 • Fax (96) 275 01 35

CORRESPONDENCIA:
Apartado de correos n.º 113
46190 RIBA-ROJA DE TURIA (Valencia)

Dosis paciente
DOSEGUARD 100

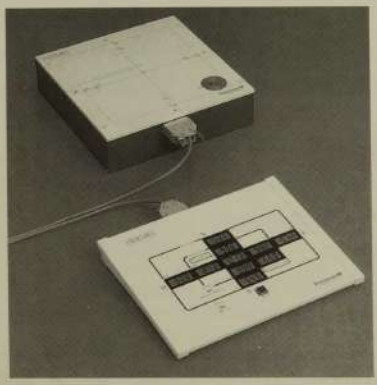
Multímetro PMX - III

MEDIDORES RX
kV, dosis, mAs, tiempo

CONTROL DE CALIDAD EN RADIODIAGNOSTICO Y RADIOTERAPIA

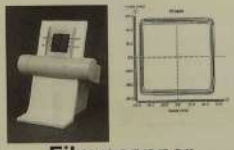
- RTI ELECTRONICS AB
- UNFORS INSTRUMENTS AB
- PRECITRON AB
- X - RITE
- R M I
- RADCAL CORPORATION
- UNIVERSIDAD DE LEEDS
- PRECISION THERAPY
- TEMA, S.R.L.

Cuba de agua
POSEIDON

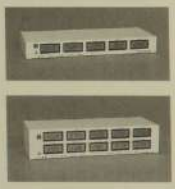


Verificación diaria de aceleradores
HERMES

MANIQUI DE AGUA SOLIDA



Film scanner
POSEIDON



Dosis en vivo
APOLLO

DISTRIBUIDOR DE FIXMA

Fabricación nacional de: Maniquíes de metacrilato. Cortadores de moldes. Bandejas porta-moldes. Planos inclinados. Adaptadores para unificar unidades de tratamiento y equipos de estereotaxia. Accesorios especiales para radioterapia.

Carta del Presidente

Queridos compañeros:

Casi sin darnos cuenta hemos llegado al final del 96 y tal como nos propusimos ya tenemos el tercer y último número de nuestro Boletín para este año. Dada la época que atravesamos tan pródiga en conmemoración de centenarios de acontecimientos científicos, hemos considerado oportuno terminar este año con una colaboración especial que, como podéis ver en las páginas interiores, corre a cargo del Profesor Rotblat cuyo perfil, tanto científico como humano, hace que nos sintamos altamente honrados por su deferencia.

El propósito de ir consolidando esta publicación parece que se va haciendo realidad. Aparte de vuestras colaboraciones que son la verdadera razón de ser del Boletín, hemos conseguido merecer el interés de un número mayor de firmas comerciales que esperamos nos permita la continuidad de la edición. Desde aquí agradecemos la contribución de estas entidades y esperemos que cunda el ejemplo.

Ya habéis recibido el anuncio del XI Congreso de nuestra Sociedad a celebrar en Valencia el próximo mes de junio. Espero que tanto el tema base del mismo: "Imágenes en tres dimensiones en diagnóstico y terapia", como el lugar y fechas escogidos, sean un buen motivo para conseguir una participación mayoritaria. Por otra parte y aunque los desplazamientos al extranjero siempre suponen una dificultad económica añadida, habrá que tener en cuenta también el Congreso Mundial de Física Médica que tendrá lugar en Niza en septiembre del 97, en el que se espera una significativa representación española.

Es casi obligado hacer el comentario respecto a la situación del esperado Real Decreto por el que se crea la especialidad de Radiofísica Hospitalaria. La única información que conocemos es que se halla en Consejo de Estado. Puesto que de acuerdo con las estatutos de la Sociedad, y coincidiendo con el Curso de Control de Calidad en instrumentación de Medicina Nuclear, se ha convocado la Asamblea General en Madrid para el próximo dia 19 de diciembre, nos gustaría poder tener para entonces, una información más concreta respecto al trámite administrativo que lo lleve al Consejo de Ministros.

Por último y considerando las fiestas que se avecinan, en nombre de la Junta Directiva y el mío propio, deseo a todos los miembros de la Sociedad unas Felices Navidades y un estupendo 1997. Un entrañable abrazo.

B. Ballester

XI Congreso Nacional de la SEFM

Como ya os adelanté en el anterior Boletín de la Sociedad, los preparativos para la organización del XI Congreso de la SEFM a tener lugar en Valencia del 18 al 20 de junio de 1997 están avanzando a marchas forzadas. Desde la anterior comunicación se han producido modificaciones en el Comité Organizador y se ha constituido el Comité Científico, cuyas relaciones os adjunto.

COMITÉ ORGANIZADOR:
Presidente:
- *Francisco Dalmases Moncayo.*

Vicepresidentes:
- *Emilio Casal Zamorano.*
- *José Pérez Calatayud.*

Tesorero:
- *José Francisco Martí Vidal.*

Secretaría:
- *Carmen Guardino de la Flor*
- *Fraçoise Lliso Valverde.*
- *Nieves Llorca Domaica.*
- *Angela Soriano Cruz.*

Vocales:
- *Jesús Alabau Albors.*
- *Mateo Buendía Gómez.*
- *Salvador Calzada Felíu.*
- *Rosa Mª Cibrián Ortiz de Anda.*
- *Vicente Crispín Contreras.*
- *Jesús Félix Fontestad.*
- *José M. Martínez Masmano.*
- *Victoria Mestre de Juan.*
- *Carmen Romero Hernández*
- *Rosario Salvador Palmer.*

COMITE CIENTIFICO:
Presidente:
- *Francisco Roig Petit.*

Vocales:
- *Manuel Alonso Díaz.*
- *Rafael Arranz Lara.*
- *Antonio Brosed Serreta.*
- *Pedro Fernández León.*
- *Arrate Guisasola Berasategui.*
- *Gregorio Hernández Samaniego.*
- *Ignacio Hernando González.*
- *María Cruz Lizuaín Arroyo.*
- *José María Martí Climent.*
- *Esther Millán Cebrián..*
- *María Cruz Paredes García.*
- *Juan José Peña Bernal.*
- *Turiano Picazo Córdoba.*
- *Rafael Puchalt Añe.*
- *Luis Santiago Quindós Poncela.*
- *Montserrat Ribas Morales.*
- *Pedro Rodríguez Rodríguez.*
- *Bonifacio Tobarra González.*
- *Juan José Torres Escobar.*
- *Eliseo Vañó Carruana.*
- *Javier Vivanco Parellada.*

Se ha propuesto el Comité de Honor y se han enviado las invitaciones correspondientes. Hasta el momento, falta por confirmar tan sólo dos o tres de las personalidades invitadas. Se ha solicitado igualmente la colaboración de distintas entidades públicas, así como de un gran número de empresas comerciales. De momento, las respuestas son bastante prometedoras.

El tema base del Congreso será: "Imágenes en tres dimensiones en Diagnóstico y Terapia." Además se abordarán los siguientes temas:

- Planificación de tratamientos en Radioterapia.
- Criterios de calidad en Radioterapia.
- Uso médico de sustancias radiactivas.
- Criterios de calidad en Medicina Nuclear.
- Gestión de residuos radiactivos.
- Dosimetría en Radiodiagnóstico.
- Criterios de calidad en Radiodiagnóstico.
- Protección Radiológica en el ámbito sanitario.
- Radiaciones no ionizantes.
- Docencia en Física Médica.
- Docencia en Radiofísica.

La sede del Congreso será el Palau de la Música de Valencia. Las conferencias, ponencias y comunicaciones se realizarán en una de las salas de audiciones y la exhibición de posters y la ubicación de los stands en la amplia sala de exposiciones, ubicada frente a la sala de conferencias.

Las fechas de interés del Congreso son:

Recepción de resúmenes: Hasta el 15 de diciembre de 1996.

Notificación de aceptación: Hasta el 31 de enero de 1997.

Presentación de trabajos para su publicación: Hasta el 15 de marzo de 1997.

Cuotas de inscripción:

Anteriores al 15 abril 1997

	Ptas.
Socios de la SEFM.....	40.000
Residentes Radiofísicos ..	25.000
No Socios	50.000
Acompañantes	20.000

Posteriores al 15 abril 1997

	Ptas.
Socios de la SEFM.....	50.000
Residentes Radiofísicos ..	30.000
No Socios	60.000
Acompañantes	25.000

La Secretaría Científica estará ubicada en el Centro Nacional de Dosimetría. Por razones de organización, las comunicaciones científicas al Congreso se deben remitir a la Secretaría Técnica:

Viajes Universal, S.A.
San Vicente, 27
Tfno.: (96) 352 94 65
Fax: (96) 394 29 42
46002 Valencia

Quiero aprovechar, finalmente, este segundo anuncio del XI Congreso para animaros a la presentación de comunicaciones científicas, dado que la fecha límite de aceptación está próxima.

Emilio Casal Zamorano

E.F.O.M.P.

La Federación Europea de Sociedades de Física Médica (E.F.O.M.P.) es una asociación que aglutina a las Organizaciones de Física Médica de los paises que pertenecen a la Comunidad Europea y de otros que, aunque geográficamente no lo sean, tambien pertenecen a la Federación.

Básicamente, esta Federación funciona con una Junta Directiva, cuyo Presidente es el Prof. Nüslin de la Universidad de Tubingen (Alemania), y una asamblea (council) anual en la que participan los delegados de los paises que pertenecen a la Federación.

A su vez existen dos comités operativos: uno el "Scientific Committee" y el otro el "Education, Training and Professional Committee (E.T.P.)". El comité Científico se ocupa fundamentalmente de la organización de congresos y cursos, así como de la difusión de otros que se dan a nivel europeo y mundial, comienza a interesarse por el nivel de desarrollo de la investigación a nivel europeo (encuesta, futura base de datos, lineas abiertas de investigación, etc....), y su presidente actual es el Prof. Del Guerra de la Universidad de Trieste (Italia). El comité de Educación se ocupa de los programas de los cursos de formación, de la cualificación de los físicos médicos a nivel europeo (tema candente en estos momentos), y su presidenta es la Dra. Inger Lenna de la Universidad de Lund (Suecia).

Como ya sabeis, quizás no, la Sociedad Española de Física Médica tiene dos delegados, en la actualidad delegadas, que son: Arrate Guisasola del I. Oncológico de San Sebastian en el Comité Científico y Esther Millán del H.C.Universitario de Zaragoza en el Comité de Educación.

Como se os anunció por el Boletín, los dias 6 y 7 de Septiembre tuvo lugar en Trieste (Italia) la reunión anual de la E.F.O.M.P., coincidiendo con el congreso anual de la Sociedad de Física Médica Italiana y con el congreso de la E.F.O.M.P., a la que asistimos ambas delegadas, así pues queremos informaros de las inquietudes actuales y actividades previstas de la Federación europea.

• Respecto al comité de "Education, Training and Professional Committee", está en un momento de bastante actividad en toda Europa, ya que se está perfilando el reconocimiento de los "Medical Physicists" en los diferentes paises. En esta línea se están elaborando diferentes documentos sobre temas relacionados con nuestra profesión, que se irán estudiando por parte de la Junta de nuestra Sociedad.

– Para vuestra información, en este momento una comisión del Comité en E.T.P. ha ter minado de preparar el documento "Quality assurance in Radiotherapy: The importance of Medical Physics staffing levels" consensuado con la European Society for Therapeutic Radiology and Oncology (E.S.T.R.O.), que se publicará en la revista "Radiotherapy and Oncology" (la revista verde).

– Otra comisión ha preparado un borrador cuyo título es "Continuing Professional Development for the Medical Physics". La idea es que se habla mucho de la formación de los nuevos profesionales y que por qué no pensar también en el reciclaje de los que llevamos tiempo trabajando. Resulta un tema de interés para plantearlo también a nivel de nuestra sociedad.

– Otros dos temas que ahora están en pleno proceso de configuración y que están relacionados entre sí:

1. El de la formación de profesionales de Física Medica, basado en el modelo inglés con diferentes niveles, así como las discusiones sobre la terminología para denominar a estos profesionales, y

2. El del Registro de Físicos Médicos en la E.F.O.M.P..

De momento, tanto el establecimiento de programas de formación como los criterios para el reconocimiento o registro de los profesionales, no van a venir fijados de forma única por la E.F.O.M.P. sino que se dejan a la decisión de las sociedades y organismos de cada país. En Trieste indicaron que existen unas líneas generales a las que conviene ajustarse para obtener el "full approval" de la E.F.O.M.P..

Cuando España obtenga esa condición, los especialistas registrados en la S.E.F.M. se registrarán automáticamente en la Federación europea (y de paso podrá obtenerse también la inscripción en el registro como Físico Europeo, del que en su día informó el Colegio Oficial de Físicos). Hasta la fecha se ha reconocido el "estatus" de 5 paises pero España no ha podido ser uno de ellos. Os iremos informando conforme se vaya perfilando nuestra situación, (imprescindible la aparición del Real Decreto sobre el Radiofísico).

*Respecto al Comité Científico informó sobre congresos realizados y se insistió sobre el próximo "World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering" que tendrá lugar en Niza (Francia) del 14 al 19 de Septiembre de 1997 y simultáneamente se celebrará un "teaching course" titulado: "The expanding role of medical physicist in diagnostic radiology", conjuntamente con la Asociación Americana de Física Médica (A.A.P.M.).

– También se nos informó que la Directiva Europea 84.466 Euratom, en la que se basan los Reales Decretos sobre Protección Radiológica de pacientes someti-

dos a exploraciones de Diagnóstico y los futuros de Medicina Nuclear y Radioterapia, en este momento se encuentra en base de borrador. La impresión fue que éramos pioneros en la aplicación de esta directiva.

• El sábado en la asamblea general se admitió por mayoría como nuevos miembros de la E.F.O.M.P. a los siguientes países: Argelia, Estonia, Lituania y Eslovenia aunque su situación particular era un tanto especial y no muy bien definida.

• Otras cuestiones:

– Se nos solicitó insistentemente la participación de las sociedades en la revista "News" así que desde aquí os invitamos a que enviéis alguna colaboración.

– Información sobre la E.F.O.M.P. se encuentra disponible en la siguiente dirección de Internet: http://www.bmtp.akh-wien.ac.at / efomp

También aparece información en la revista "Physica Medica".

• Desde el punto de vista financiero, nuestra sociedad paga a la E.F.O.M.P. una cuota anual por cada miembro. Además habría que añadir el coste del envío de dos delegados, anualmente, a estas reuniones.

Estos son, a grandes rasgos, los temas actuales de interés relacionados con la E.F.O.M.P.. Si alguno de los socios tiene interés en conocer más detalles, estamos a vuestra entera disposición.

Arrate Guisasola
Esther Millán
Delegadas de la S.E.F.M.
en los Comités Científico
y de E.T.P. de la E.F.O.M.P.

❑

Bolsa de trabajo para los socios de la SEFM

Tal y como informamos en el n.º 1 de este Boletín, se ha abierto un fichero con la denominación "Bolsa de Trabajo" con los datos de contacto de aquellos interesados en recibir ofertas de trabajo. El socio que esté interesado deberá comunicar por escrito (carta o fax) su interés en aparecer en este listado a la Secretaría Técnica de la SEFM (Edicomplet. Tf.: (91) 350 49 17. Fax: (91) 350 76 52.

AGENDA

PROXIMAS CONVOCATORIAS

✔ **ECR'97. EUROPEAN CONGRESS OF RADIOLOGY**
Viena (Austria), del 2 al 7 de marzo de 1997.
Información: http://www.ecr.telecom.at/ecr

✔ **XI CONGRESO NACIONAL DE FISICA MEDICA**
Valencia, del 18 al 20 de junio de 1997.
Información: Secretaría Técnica: Viajes Universal, S.A. C/ San Vicente, 27. 46002 Valencia. Tel.: (96) 352 94 65. Fax: (96) 394 29 42.
Secretaría Científica: Centro Nacional de Dosimetría. Avda. Campanar, 21. 46009 Valencia. Tel.: (96) 349 79 22. Fax: (96) 340 80 49.

✔ **III CONGRESS INTERNATIONAL STEREOTACTIC RADIOSURGERY SOCIETY**
Madrid, del 25 al 28 de junio de 1997.
Información: Jane E. Neal - Unidad de Radiocirugía. Hospital San Francisco de Asís. Emilio Vargas, 16. 28043 Madrid. Tel.:N (91) 515 20 14. Fax: (91) 519 51 05. e-mail:isrsmadrid97.servicom.es

✔ **WORLD CONGRESS ON MEDICAL PHYSICS AND BIOMEDICAL ENGINEERING**
Niza (Francia), del 14 al 19 de septiembre de 1997.
Información: NICE'97 - SEE - GENERAL SECRETARIAT. 48 rue de la Procession, F 75724 Paris. Cedex 15 (France). Tel.: 33 1 44 49 60 60. Fax: 33 1 44 49 60 44. e-mail:nice97@univ-paris12.fr

Sobre los comentarios a la carta del CDR aparecidos en el boletín SEFM 2-96

En el número 2 de este Boletín se afirmó, por error, que A. Brosed era el coordinador dimisionario del Comité de Dosimetría en Radioterapia. A. Brosed continúa ocupando dicho puesto y a continuación publicamos su respuesta a los comentarios suscitados en nuestro número anterior.

En primer lugar deseo agradecer, en nombre del Comité de Dosimetría en Radioterapia (CDR), el interés suscitado por la carta dirigida al Presidente de la SEFM y posteriormente hecha pública en el boletín SEFM 1-96. La carta se refería esencialmente a la conveniencia de no citar valores de tolerancia en un futuro R.D. sobre criterios de calidad en radioterapia. Ese interés se concretó, a través del boletín 2-96, en la reproducción de sendas cartas, con comentarios diversos, del Colectivo Lizarra, de Pedro Galán y de M. Alonso.

Con referencia a las opiniones vertidas en las dos primeras, nos satisface constatar la coincidencia, en líneas generales, con la opinión del CDR, incluyendo algunos temas que si bien no han sido el objetivo o comentario principal de nuestra carta, sí han sido temas sobre los cuales hemos tenido la ocasión de manifestarnos al aparecer, a finales de julio, el borrador del P.R.D. sobre criterios de calidad en radioterapia.

Sobre los comentarios contenidos en la carta de M. Alonso, intentaré ser más explícito pues aparentemente discrepaba de nuestros argumentos. Y digo aparentemente porque en un caso la discrepancia se debe a una probable mala interpretación *(primer párrafo de su carta)*, y en otro caso, según nuestra opinión, a una visión quizás demasiado sencilla y no global del problema *(tercer párrafo de su carta)*.

a) En el primer párrafo señalaba M. Alonso que la carta del CDR se refería a la introducción de tolerancias en la realización de los controles de calidad en los equipos de rayos X para diagnóstico en el R.D. 2071/1995. Pues bien, nada más lejos de nuestra intención que el inmiscuirnos en lo que no es competencia de este Comité. Lo que sí intentamos expresar era que lamentaríamos que en un futuro R.D. sobre criterios de calidad en radioterapia se produjera un paralelismo con el R.D. 2071/1995, en el sentido de citar valores de tolerancia bien de manera directa o indirecta. La razón esencial que sustenta esta opinión es que entendemos que los criterios de protección radiológica y de calidad en una actuación de radiodiagnóstico no son extensibles, sin más, a una actuación radioterápica. Ambas actuaciones difieren en los objetivos que persiguen, en el número de actividades o etapas a cubrir y, por supuesto, en la complejidad de los medios instrumentales puestos en juego. Ni que decir tiene que ambas actuaciones son susceptibles de ser optimizadas estableciendo una política de calidad y gestionarla mediante la implantación de diferentes medios como pueden ser programas de garantía y de control de la calidad.

b) En el tercer párrafo, M. Alonso señalaba y deducía de nuestra carta, *"... que sean las propias instalaciones las que fijen la suya (la calidad) en virtud de sus circunstancias", pues ello no podría "garantizar una calidad mínima razonable", concluyendo que "parece más lógico el fijar unas tolerancias mínimas..... y se doten del equipamiento mínimo necesario".*

En primer lugar conviene precisar que estamos hablando de la calidad de las instalaciones, o mejor dicho, de los programas de control de calidad y tolerancias involucradas de los equipos generadores de radiaciones y equipamientos auxiliares. No estamos hablando de la calidad y optimización del tratamiento radioterápico, ya que para que así fuera habría que añadir otras etapas y aspectos relacionados con el paciente como el diagnóstico, decisión, indicación de tratamiento, seguimiento, etc., que obviamente corresponden a otros profesionales.

En segundo lugar conviene señalar que la implantación de programas de garantía y de control de la calidad, lleva implícito el realizar exámenes sistemáticos e independientes. En otras palabras y brevemente, lleva implícito la realización de auditorías de la calidad por personal experto y calificado. Los expertos en radiofísica, así como los expertos técnicos de un cuerpo auditor, están obligados a conocer periodicidades, pruebas y tolerancias actualizadas a través de documentos autorizados, protocolos, normas nacionales o internacionales, etc. Si el experto en radiofísica es el responsable de establecer y ejecutar los programas de control de calidad del equipamiento en general, es lógico que sea él quien fije pruebas, tolerancias y periodicidades de acuerdo con las características de sus unidades, de su utilización y de los medios materiales y de personal disponibles. Es ilusorio pensar que en la actualidad todos los Centros y Servicios disponen de los medios mínimos materiales y de personal para cumplir con todas las pruebas, periodicidades y tolerancias *"recomendadas"*, aunque en el futuro tiendan hacia y lleguen a superar esos medios. Sería lamentable que, en estos casos, lo que se legisle fuera de imposible o dudoso cumplimiento. En último término cualquier deficiencia debería ser consensuada con el experto en radiofísica, señalada por el cuerpo auditor y dirigida hacia la dirección del Centro de modo que al cabo de un tiempo, que no tiene porqué ser

excesivo, todos los Centros o Servicios podrían estar en *"primera división"* en lo que a calidad del equipamiento se refiere. No hay que olvidar que el establecimiento y ejecución de programas de calidad no es flor de un día, sino que su desarrollo y sobre todo su optimización es una acción continuada.

En tercer lugar, M. Alonso se inclina por *"fijar unas tolerancias mínimas que todas las instalaciones deben cumplir"*. Esto supone bien la búsqueda de unos niveles de tolerancia que en un momento determinado engloben todos los que son capaces de cumplir las unidades españolas de tratamiento *(lo que no resiste un análisis medianamente serio)*, o bien, en un grado más exigente y realista, establecer unos niveles de tolerancia que cumplan la mayoría de las unidades de las últimas generaciones. Ninguno de los dos casos, con su lista de pruebas y tolerancias, y menos el primero, resistiría a lo largo del tiempo el desarrollo de nuevas técnicas y de nuevas unidades de tratamiento, que harían variar las pruebas y tolerancias. Aún, hoy en día y en el segundo caso, el cumplimiento estricto con todas y cada una de las tolerancias que se pudieran expresar puede resultar imposible en algunos tipos de unidades, sin que por ello dejen de ser idóneas o útiles para el fin que se destinan. Adicionalmente, no hay que olvidar que las exigencias *(periodicidad de las pruebas, tipo de pruebas y nivel de tolerancia)* se deben adecuar a los objetivos de los tratamientos de acuerdo con la tecnología disponible y con las características específicas de la unidad generadora de radiación. Estas son algunas de las razones por las que el CDR no se declara partidario de incluir tolerancias en los Anexos de un Real Decreto. Ahora bien, si por razones jurídicas o de otra índole que desconocemos eso no fuera posible, sería muy conveniente, por ser lo correcto, matizar esos valores de tolerancia con los adjetivos de *"recomendados"*, o a *"modo de guía"*.

Naturalmente, el no citar valores de tolerancia en un Real Decreto no significa dar carta blanca al experto en radiofísica. Bastaría señalar en su articulado que los programas de control de calidad del equipamiento utilizado en radioterapia se ajustaran a protocolos establecidos para tal fin, aceptados y refrendados por sociedades científicas, organismos o instituciones, nacionales o internacionales, competentes y de reconocida solvencia. El conocimiento de estos protocolos, unido a la experiencia y el buen conocimiento de sus unidades, del experto radiofísico responsable y su futura interacción periódica con el experto técnico del cuerpo auditor, le conduciría, sin ninguna duda, a fijar los niveles de tolerancia más adecuados y mejor ajustados a las características de sus unidades.

A. Brosed
Coordinador del CDR

Informe Congreso de Radiocirugía - Valencia, 23 - 25 octubre 1996

El pasado octubre tuvo lugar en Valencia el III Congreso de la Sociedad Española de Radiocirugía (SER).

Su contenido estuvo estructurado en cuatro bloques principales: radiocirugía conformada, tratamiento de MAV, de tumores y tratamientos funcionales.

El primero, el más vinculado a la actividad físico-tecnológica, trató sobre los aspectos tecnológicos diferenciales de las dos técnicas en las que la Radiocirugía se apoya: la basada en la gamma-knife y la que utiliza aceleradores lineales de electrones. La primera, utilizada de forma exclusiva para este tipo de tratamientos, supone a nivel mundial la que más pacientes trata (de 39.000 tratamientos/año realizados en USA, 13.000/año son tratados con 25 gamma-knifes). La segunda, utilizada de forma complementaria con el tratamiento de pacientes radioterápicos, está incorporando las técnicas de haces conformados estáticos y dinámicos (multilcaf) para obtener un mayor ajuste de las distribuciones de dosis a los volúmenenes a tratar.

Las comunicaciones a este bloque incluyeron la participación, a nivel nacional, de dos grupos, el del H. Ruber Internacional (Gamma-knife) y el de la Clínica Puerta de Hierro. El primero trató sobre aspectos de la planificación tendentes a la optimización de los tratamientos de MAV, tumores o funcionales, mediante un doble control por imagen de los volúmenes de tratamiento, así como el control de las mismas mediante el análisis de la distorsión inherente a la angiografía digital y la RMN. La segunda intervención introdujo la dosimetría *in vivo* en este tipo de tratamientos, como parte de los programas de control de calidad a seguir en estos tratamientos. El procedimiento propuesto constituye el primer intento de hacer dosimetría *in vivo* en Radiocirugía, mediante un modelo desarrollado para Linac y técnica de multiarcos no coplanares. Dicho modelo está basado en la lectura de las señales de los dosímetros TL colocados en la superficie craneal para estimar la dosis en un punto interno específico donde se puede referenciar la dosis de tratamiento. Los apartados clínicos continuaron con la tendencia ya abierta en los congresos anteriores en cuanto al análisis de resultados y la discusión sobre la posibilidad de nuevas indicaciones y la ampliación de las ya existentes (mayores volúmenes de tratamiento, tratamiento de metástasis múltiples, etc.).

Un aspecto especial de este congreso ha sido la dedicación de varias sesiones al campo de la Radiocirugía funcional: localización y tratamiento de la epilepsia y de las neuralgias del trigémino, campo en que la escuela de Valencia ha sido particularmente activa.

Luis Núñez

15th Annual ESTRO Meeting

Los pasados días 23-26 de Septiembre se celebró en Viena, el XV Congreso de la ESTRO. La ESTRO es la Sociedad Europea que agrupa en su seno al personal (radioterapéutas, físicos, radiobiólogos, técnicos,....) que trabaja en el campo de la Radioterapia Oncológica. Al ser muy dispar la formación profesional de los congresistas, este Congreso se divide en tres ramas principales: radioterapia clínica, radiofísica y radiobiología, cada una con sesiones paralelas así como lecciones magistrales por parte de los investigadores de más renombre (tanto europeos como americanos) del momento actual.

Respecto a las sesiones de radiofísica podemos destacar los simposiums sobre nuevas técnicas en dosimetría, planificación de tratamientos y su verificación, radioterapia no convencional, cálculo de unidades de monitor y dosimetría *in vivo*, cálculo de dosis en tratamientos de radioterapia externa, control de calidad en equipos de radioterapia, imágenes en tiempo real y la sesión dedicada a braquiterapia. Como conferencias magistrales destacar las impartidas por A. Brahme (Suecia): "Inverse therapy planning and treatment optimilization", U Quast (Alemania):"Dose especificacion", y finalmente la leída por F Nüsslin (Alemania): "Modern trends in treatment units".

Tal como ha venido siendo habitual la presencia de radiofísicos españoles en este Congreso ha sido prácticamente nula (no teniendo en cuenta a Pedro Andreo, uno de los radiofísicos con más prestigio internacional de la actualidad y actual jefe de la sección de dosimetría de la AIEA). Únicamente la presencia de nuestros compañeros J Pérez Calatayud (Valencia), que presentaba una ponencia oral, y A Sánchez-Reyes (Barcelona), que presentaba una ponencia oral y 2 posters, ha permitido que la presencia de físicos españoles en este Congreso no fuera inexistente.

Por último reseñar que todos los abstracts de este Congreso se han publicado en la revista Radiotherapy&Oncology Vol 40 (Suppl 1).

A. Sánchez-Reyes

IV Congrés del Grup Oncològic Catalá-Occità (GOCO)

El pasado día 25 de Octubre se celebró en la ciudad de Reus (Tarragona) el IV Congreso del GOCO.

El Grup Oncologic Català-Occità se fundó hace aproximadamente unos cuatro años para servir de foro e intercambio de actividades y conocimientos entre los médicos y físicos que trabajan dentro del ámbito territorial de Cataluña y de la región francesa del Midi-Rosellón. Aunque principalmente se tratan asuntos médicos, también existe una rama que comprende la física hospitalaria, principalmente radioterapia, cuyo coordinador en Cataluña es Teresa Edualdo (Hospital de Sant Pau). Hasta el momento se han realizado trabajos de control de calidad en dosimetría, tanto externa como braquiterapia, en los hospitales pertenecientes a esta Sociedad, y también se intenta potenciar el intercambio con los físicos de los hospitales franceses.

En esta última reunión, un representante de los principales Hospitales expuso a los presentes las líneas principales de trabajo: dosimetría 3D (I.C.O y Hospital del Valle de Hebron), dosimetría *in vivo* con semiconductores (Hospital de Sant Pau), estudio de la contaminación de electrones en los aceleradores de fotones (Hospital de Toulous), Monte Carlo (Hospital Clínico).

A. Sánchez-Reyes

LIBROS

Radiaciones ionizantes. Utilización y riesgos (2 volúmenes)

Esta obra, cuyos autores son Xavier Ortega Aramburu y Jaume Jorba Bisbal, es el resultado de un trabajo colectivo efectuado a lo largo de quince años por profesores e investigadores de la sección de Ingeniería Nuclear y el Institut de Tècniques Energètiques de la Universitat Politécnica de Catalunya.

El libro está dirigido a los profesionales que han de utilizar las radiaciones como herramienta de trabajo, así como a los que quieren aproximarse al conocimiento de las radiaciones ionizantes, a su utilización, manipulación y riesgos, así como a las medidas de protección.

Monserrat Ribas

Control de calidad en mamografía. Guía Práctica

La Consellería de Sanidade de la Xunta de Galicia ha editado esta guía práctica fruto del convenio de colaboración entre este organismo y el Departamento de Radiología de la Universidad Complutense de Madrid. Los autores son: M. Pombar y R. Lobato del Complejo Hospitalario de Santiago y M. Chevalier y P. Morán de la Universidad Complutense.

El texto, escrito inicialmente para los cursos de formación de los técnicos de radiodiagnóstico que participan en el Programa Gallego de Detección Precoz del Cáncer de Mama, intenta ser una guía práctica para dichos profesionales y aporta información básica sobre los factores que influyen en la calidad de la imagen y la dosis en mamografía y los métodos de optimización. ❑

TESIS

Modelo para la verificación dosimétrica en Radiocirugía

Autor: **Luis Núñez Martín**

Director: Prof. Francisco Sánchez Doblado

Departamento: Fisiología y Biofísica. Universidad de Sevilla

Fecha de lectura: julio 1996

Resumen

La radiocirugía estereotáxica es una técnica de tratamiento de alta precisión utilizada para el tratamiento de lesiones cerebrales de pequeño tamaño por medio de haces de radiación de pequeñas dimensiones. Los haces de radiación utilizados han sido RX de 6 MV obtenidos en un acelerador lineal de electrones de uso médico, modificados por colimadores de tungsteno de sección circular de diámetros entre 2 y 20 mm. La irradiación se efectúa girando la cabeza del acelerador de forma que el eje del haz describe un arco. Los requerimientos de alta precisión, exigen que las condiciones dosimétricas y geométricas en que se realizan los tratamientos tengan unas incertidumbres dentro de límites admisibles. Esto requiere el cumplimiento de procedimientos de control de calidad adecuados, dentro de los cuáles se encuentran los basados en medidas *in vivo* , la dosis absorbida en un punto interno de la lesión por medio de medidas realizadas externamente colocando sobre la superficie craneal una línea de dosímetros de termoluminiscencia (TLD) dispuestos sobre una diadema ajustable a la cabeza del paciente en un plano que coincide con el de rotación del eje del haz. Para ello se ha debido verificar la adecuación de los procedimientos dosimétricos utilizados, mediante intercomparaciones entre diferentes sistemas dosimétricos, así como se ha tenido que desarrollar un maniquí de verificación geométrica y dosimétrica.

El resultado es un modelo empírico de cálculo basado en medidas con TLD y en funciones experimentales, que dan cuenta del comportamiento de la dosis absorbida en un punto interno en función del diámetro del colimador utilizado y de las diferentes profundidades a que se encuentra el punto de cálculo, visto desde el punto de la superficie donde se encuentra cada dosímetro.

TESINAS

Caracterización de haces electrónicos para su uso clínico

Autor: **Manuel Vilches Pacheco**

Director: Dr. Antonio Lallena Rojo

Departamento: Física Moderna. Universidad de Granada

Fecha de lectura: septiembre 1995

Resumen

Los haces de electrones empleados habitualmente en radioterapia presentan un comportamiento complejo en su interacción con los medios materiales que dificulta su caracterización para uso clínico. Esto obliga a incrementar en proporción importante el número y tipo de medidas a efectuar antes de la aplicación terapéutica, en comparación a los haces de fotones.

En el trabajo se exponen los resultados obtenidos en la dosimetría de una de estas unidades, el acelerador Siemens Mevatron KDS del Hospital Universitario de Granada, que incluyen:

Curvas relativas de dosis
Caracterización energética
Homogeneidad y simetría
Fluctuaciones dosimétricas (ripple)
Dependencias con el tamaño de campo

Los resultados, sin ser un conjunto exhaustivo de medidas, caracterizan suficientemente el haz para las aplicaciones más comunes y no requieren un tiempo excesivo de máquina, lo cual no puede ser obviado en nuestro quehacer diario.

Calibración de un conjunto de diodos para la dosimetría en vivo

Autor: **Dª. Nuria Jornet i Sala**

Director: Dr. Francisco Fernández

Departamento: Física. Grupo de Física de Radiaciones. Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)

Fecha de lectura: julio 1996

Resumen

Este trabajo es el compendio de todas las medidas que se han realizado en el Hospital de la Santa Creu i Sant Pau de Barcelona para poner a punto un sistema de DOSIMETRÍA en vivo con diodos (electrómetro DPD-510 y nueve diodos EDP-10 de la firma Scanditronix) para tratamientos realizados con RX de 6 MV. El trabajo consta de dos partes: La primera es el test de aceptación de los diodos y la segunda la calibración de los mismos. Pretende servir como guía para aquellos usuarios que tengan que poner en marcha un sistema similar.

CIEN AÑOS DE RADIACTIVIDAD*

por el Profesor Joseph Rotblat

Hace un año conmemorábamos el 100 aniversario del descubrimiento de los rayos X por Wilhelm Roentgen. Ahora estamos celebrando el centenario del descubrimiento de la radiactividad por Henri Becquerel, que fue una consecuencia del descubrimiento de los rayos X. Ambos descubrimientos fueron hechos por físicos, pero sus implicaciones se extendieron fuera del alcance del ámbito de la física hacia muchas otras áreas de las actividades humanas, y singularmente a la medicina; sin embargo, la importancia de su contribución relativa a la medicina y a otros campos difiere enormemente. Aunque la radiactividad ha encontrado una gran variedad de aplicaciones muy importantes en medicina, su entidad es modesta en comparación con los cambios fundamentales que su descubrimiento ha supuesto para nuestra comprensión de la naturaleza de la materia, desde el átomo hasta el universo. Además ha modificado profundamente nuestra disposición colectiva: ha pasado de ser un regalo para la humanidad a ser considerado su peor castigo.

Esto se refleja en la imagen que el público en general tiene de ambos descubrimientos. Pregunte a un hombre en la calle sobre los rayos X e inmediatamente los asociará con la medicina. En los países desarrollados prácticamente cada persona es diagnosticada alguna vez en su vida con un examen con rayos X. Pregúntele sobre la radiactividad y le dirá que es algo que tiene que ver con la bomba atómica y Chernobyl.

Mi charla reflexionará extensamente sobre esta valoración relativa, pero empezaré con lo que ocurrió hace 100 años. El descubrimiento de Becquerel estuvo directamente conectado al de los rayos X. Henri Becquerel, quién murió cuando yo nací, estaba estudiando en Paris los efectos de la exposición a los rayos X sobre varios materiales fosforescentes y observó sorprendido que algunas sustancias - principalmente compuestos de uranio - emitían espontáneamente una radiación de naturaleza similar a los rayos X. Eso le proporcionó el Premio Nobel de Física. Salvo un suce-

Joseph Rotblat nació en Varsovia en 1908, estudió Física en su Universidad licenciándose en 1932 y doctorándose en 1938. Se trasladó a la Universidad de Liverpool en 1939 para continuar sus trabajos de investigación en Física Nuclear. Formó parte del grupo de científicos británicos que se integraron en el proyecto Manhattan durante la II Guerra Mundial. Desde 1945 hasta 1949 fue director de investigación en física nuclear en la Universidad de Liverpool. Por motivos de conciencia en contra de la carrera de armas nucleares decidió cambiar su actividad hacia la Física Médica. Ha sido desde 1950 hasta 1976 profesor de Física en el Hospital de St. Batholomew de la Universidad de Londres, con trabajos pioneros en física de la radiación en radioterapia con acelerador lineal, radiología y radiobiología. Ha sido durante doce años editor de la revista *Physics in Medicine and Biology*, presidente de la Hospital Physics Association, y del British Institute of Radiology. Su otra gran actividad que ha marcado profundamente su biografía, ha sido la desarrollada desde 1957 hasta 1973, como Secretario General de las Conferencias Pugwash, movimiento internacional que ha venido actuando sin descanso con el fin de acercar, durante la guerra fría, a los principales científicos de occidente y del bloque del Este, para crear una conciencia que ayudase a frenar la carrera de armas nucleares. Actualmente es el presidente de dicho movimiento y el pasado año recibió el Premio Nobel de la Paz en reconocimiento a su trabajo en ese campo.

---

* *Esta conferencia fue presentada en el Congreso RADIOLOGY '96, celebrado en Birmingham en mayo de 1996, por una invitación del Radiology History and Heritage Charitable Trust (traducida con permiso del autor y publicada en ISRRT News Letter, Vol 32, no.2, 1996).*

ASÍ EMPEZARON CIEN AÑOS

"Continuando el estudio de estos nuevos fenómenos, he pensado que no carece de interés la emisión producida por el uranio, que creo que es el primer ejemplo de un metal que presenta un fenómeno del tipo de una fosforescencia invisible". Con estas líneas termina la nota publicada en Mayo de 1896 por H. Becquerel en el Compte Rendus de L'Académie des Sciences de Paris bajo el título "Emisión de nuevas radiaciones por el uranio metálico" (C.R. Acad. Sci. (1896), 122, 1086-1088).

Antoine Henri Becquerel (1852-1908) fue hijo, nieto y padre de físicos, que pertenecieron a la Academia de Ciencias de Paris. Si su contribución individual en el campo de la radiactividad fue el de su descubrimiento y el estudio de algunas sustancias que presentaban dicho fenómeno, no hay que olvidar que fue su curiosidad, intuición y buen hacer como experimental lo que permite abrir una puerta a un aspecto desconocido de la naturaleza del que ninguna ley física, conocida hasta entonces, era capaz de explicar. Es el origen de algo radicalmente diferente a lo anterior, el descubrimiento de una "nueva naturaleza".

Aún desconociendo si H. Becquerel llegó a vislumbrar el alcance de su descubrimiento, éste fue uno de los primeros hechos para el cambio conceptual del principio de causalidad en física. La física de final del siglo XIX era capaz de explicar gran parte de todos los procesos conocidos, y hablar de azar y probabilidad era considerado por la mayoría de los científicos y filósofos como muestra de ignorancia y no como un concepto básico en la estructura del universo, dominaba un criterio determinista en las leyes físicas. La radiactividad como fenómeno de cambio nuclear, es el primer ejemplo de un proceso cuántico, en el que elementos químicos se desintegran y cambian a otros elementos en un proceso no provocados por cambios externos y por consiguiente no causal.

Ha sido la conmemoración de estos hechos por lo que se ha ilustrado con la imagen de H. Becquerel la portada de esta nueva etapa del boletín de la SEFM en este año de 1996. Y este último número del año se completa con el artículo invitado del Prof. Rotblat que rememora los acontecimientos durante estos cien años.

so anecdótico (sufrió quemaduras después de llevar una pequeña cantidad de radio en el bolsillo de su chaleco), no parece que haya aportado mucho más a la ciencia de la aplicación práctica de la radiactividad.

El primer trabajo realmente importante en radiactividad lo realizó poco después Manya Skolodowska, más conocida como Marie Curie, por el apellido de su marido Pierre Curie, con quien se había casado pocos meses antes del descubrimiento de Becquerel. En este punto quiero hacer una pequeña digresión: en el programa de este Congreso mi charla está incluida en la sección "Historia" y recuerden lo que se dice de los historiadores: "Dios puede hacer cualquier cosa excepto cambiar el pasado: ¡pero los historiadores sí pueden!". Yo no soy un historiador, pero en mi charla también seré algo parcial y reflejaré tanto mis puntos de vista como mi experiencia personal. Después de todo, mi propia vida ha transcurrido en buena parte durante el periodo del que nos ocupamos; he vivido un 87% del mismo. En particular, tengo que declarar un interés especial por Marie Curie.

Durante mi infancia en Varsovia vivía en la misma calle en que ella vivió 40 años antes. Realicé mi primer trabajo de investigación científica en el laboratorio del cual era directora honoraria y la conocí personalmente en 1934, poco antes de su muerte. Pero incluso un historiador imparcial admitiría que sus aportaciones a la ciencia y a la práctica de la radiactividad exceden con mucho a las de Becquerel. Ella fue quien dio al fenómeno el nombre de "radiactividad" y su nombre fue justamente adoptado para designar la unidad en la que se mide. Pero debido a un cambio en el sistema de unidades, su nombre está desapareciendo y pronto será olvidado, siendo sustituido por el becquerelio. Pero recuerden, se necesitan un montón de becquerelios para igualar a un curio. De cualquier modo y volviendo a los hechos, Marie Curie realizó casi con sus propias manos la tarea hercúlea de separar los elementos que de verdad eran los responsables de la emisión de la radiación observada por Becquerel.

Trabajando en un cobertizo en condiciones muy precarias, manipuló toneladas de pechblenda de donde separó químicamente los primeros nuevos elementos fuertemente radioactivos, el polonio y el radio. Ella y su marido Pierre desarrollaron además el instrumento con el que medir la radiactividad, basado en la ionización del aire por las radiaciones emitidas. La cantidad de ionización producida se medía con un electrómetro basado en el efecto piezoeléctrico. Éste fue el instrumento más utilizado en los primeros años; yo lo utilicé en mi primer trabajo de investigación, justo antes de que apareciese el contador de Geiger, que en esos días construíamos nosotros mismos.

Marie Curie es por supuesto recordada también por sus servicios a la medicina, en reconocimiento a las aplicaciones del radio para el tratamiento del cáncer. Ella misma, y también su hija Irene, fueron víctimas del efecto cancerígeno de la radiación. Antes de morir, completó su obra magna, el libro "Radioactivité", que resume el conocimiento del tema hasta ese momento. El libro fue traducido al polaco por un discípulo suyo y profesor mío, Ludwik Wertenstein, y se publicó justo antes de la invasión de Polonia por Alemania. Se utilizó como texto en la universidad clandestina polaca durante la ocupación nazi. Muchos de mis colegas fueron ejecutados por el crimen de enseñar ciencia, incluyendo su libro.

Sin embargo, todo el mérito de los descubrimientos fundamentales hechos en radiactividad, y que han transformado completamente nuestras ideas sobre la naturaleza de la materia, pertenecen a Ernest, posteriormente Lord Rutherford, un físico nacido en Nueva Zelanda quién realizó su investigación en la Universidad McGill, y más tarde en Manchester y Cambridge. El Laboratorio Cavendish se convirtió en el principal centro de investigación nuclear: en el período de entreguerras llegaron al mismo científicos de todas las edades procedentes de todas las partes del mundo.

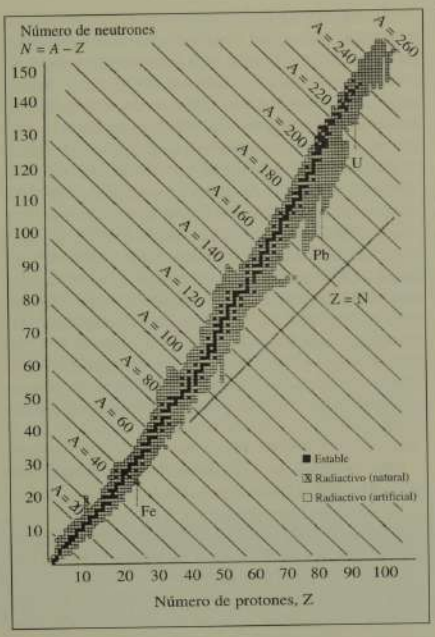
Hace cien años, se pensaba todavía - una creencia que venía desde los días de Demócrito en el siglo V antes de Cristo - que el átomo era la última e indivisible partícula de la materia. El descubrimiento de la radiactividad y la comprensión de su naturaleza constituyó la puntilla para el concepto de la indivisibilidad del átomo. Sobre todo cuando se descubrió que después de la emisión de las radiaciones, la sustancia original se había transformado en otra nueva sustancia con diferentes propiedades físicas y químicas; así por ejemplo, el elemento sólido radio se transforma en un gas radón, el cual se vuelve a transformar en polonio y seguidamente en una forma de plomo. Además una de las radiaciones emitidas es el elemento ligero helio.

Enseguida se estableció que las radiaciones emitidas por una mezcla de sustancias radiactivas eran de tres tipos, que Rutherford denominó alfa, beta y gamma. Sus propiedades diferentes fueron evidenciadas en un sencillo experimento en el que las radiaciones pasaban a través de un campo magnético. Así los rayos gamma permanecían sin desviarse, lo que indicaba que era una radiación electromagnética, similar a los rayos X. La desviación de los rayos beta indicaba que llevaban una carga negativa, en efecto fueron más tarde identificados como electrones de alta velocidad. Y la ligera deflexión de las partículas alfa en la dirección opuesta mostró que eran partículas con carga positiva y bastante pesadas. La verdadera naturaleza de la partícula alfa fue establecida por Rutherford mediante un sencillo y hermoso experimento. Introdujo gas radón en un capilar con las paredes lo suficiente delgadas para permitir el paso de las partículas alfa a su través. Poco después mostró espectroscópicamente que aparecía helio en el vaso exterior al capilar y que su cantidad se incrementaba con el tiempo, produciéndose una verdadera transmutación de los elementos. Lo que los alquimistas habían estado buscando en vano durante siglos, había estado produciéndose espontáneamente en la naturaleza. Los alquimistas habían esperado obtener oro a partir de los elementos básicos, pero acompañando a las transmutaciones se encontró una propiedad mucho más preciosa que el oro: la emisión de energía en cantidades miles de veces mayores que las conocidas hasta entonces. La energía de las partículas alfa se mide en millones de voltios, en comparación con los miles de voltios en los tubos de rayos X.

Fue de nuevo Rutherford quien desveló de donde provenía toda esta energía mediante sencillos experimentos de dispersión de las partículas alfa. Colocó una lámina delgada delante de una fuente radiactiva emisora de partículas alfa y mediante un contador de centelleo observó desde diferentes ángulos el paso de las partículas alfa a través de la lámina. La mayoría pasaban sin desviarse, algunas se desviaban ciertos ángulos, y unas pocas 180 grados, emergiendo en dirección opuesta. Fue un experimento muy sencillo, pero de él Rutherford dedujo la estructura del átomo, y comenzó la ciencia de la física nuclear. El átomo es prácticamente espacio vacío, con su masa concentrada en un núcleo muy pequeño, de un tamaño ciento de miles de veces más pequeño que la dimensión de los atómos. Éste fue el descubrimiento que transformó nuestra visión del mundo. Las ideas de Rutherford fueron asumidas por el físico danés Niels Bohr, en su modelo del átomo, que consistía en un nucleo central y un número de electrones moviéndose a su alrededor, esto constituye la base de la teoría de la física atómica y la química.

Pero volviendo a la radiactividad natural la teoría de Rutherford de la transformación de los elementos hizo posible agrupar las 45 sustancias radiactivas en tres familias, las series del uranio, del actinio y del torio, que ocupan 12 lugares en la Tabla Periódica, terminando todas en formas estables del plomo. Lo que se deduce de esto es que el mismo elemento químico puede existir en una variedad de formas, isótopos, algunos de los cuales son estables y otros radiactivos.

Este hallazgo volvió a ser de mucha importancia para la medicina, así como para numerosas áreas de aplicación, como la agricultura, la industria y las ciencias biológicas básicas. Esto surge del hecho de que el isótopo radiactivo se comporta como una forma química estable, pero la emisión de radiaciones lo marca haciendo posible seguir el curso de un elemento dado, por ejemplo en los procesos metabólicos del cuerpo.



El pionero en este campo fue el científico húngaro, George de Hevesy. Hay una anécdota sobre sus primeros experimentos, cuando él trabajaba con Rutherford en Manchester. Se alojaba en una pensión y corría el rumor entre los huéspedes sobre algunas prácticas de la patrona, según el cual ella recogía las sobras de las cenas para usarlas en otras comidas. Hevesy decidió investigar el asunto. Después de terminar el plato principal, espolvoreó los restos con una sustancia radiactiva y vio que el estofado irlandés que se sirvió unos pocos días más tarde era claramente radiactivo.

Aunque no es posible afirmar que ésta fuera la primera aplicación biológica de los isótopos radiactivos, Hevesy realizó una gran tarea, porque en esos días su campo de estudio estaba limitado a los elementos radiactivos naturales, los cuales son de muy poca importancia biológica. Las cosas cambiaron radicalmente con el descubrimiento de la radiactividad artificial por Frederic e Irene Curie en 1934.

El descubrimiento del neutrón dos años antes por James Chadwick (un alumno de Rutherford) resultó ser fundamental ya que sirvió para conocer completamente la composición de los átomos. Por un momento hizo al universo en su totalidad muy simple, todas las sustancias se componían sólo de tres partículas elementales: protones y neutrones en el núcleo y electrones fuera de él. Ésta fue una época de gran felicidad, antes de que el mundo se complicase con quarks, hadrones, leptones y el bosón de Higgs. Cada especie, denominada nucleido, estaba caracterizada por dos números, el número de protones y el número de neutrones en el núcleo.

Resultó que sólo algunas combinaciones de protones y neutrones pueden formar un núcleo estable. En el diagrama de estabilidad (número de protones frente al de neutrones en la figura) están representados todos los nucleidos encontrados en la naturaleza. Los cuadros con una "x" - principalmente en la parte superior del diagrama - son las sustancias de las tres series radiactivas. Los cuadros negros son los nucleidos estables. Hay 275 de ellos y éstos son los únicos nucleidos que existen en cualquier lugar del universo. Cualquier otra combinación de protones y neutrones, tanto por encima como por debajo de esta estrecha banda de estabilidad, es inestable, es un nucleido radiactivo que se transforma en una de las formas estables mediante la emisión de radiación.

Según las teorías predominantes, el "big bang" que aconteció hace unos quince mil millones de años, mil millones más o menos, fue el momento de la creación con una gran variedad de nucleidos que se formaron en un tiempo muy breve. La mayoría de ellos eran inestables y comenzaron a desintegrarse en los 275 nucleidos estables. Sólo los nucleidos con semiperiodos muy largos (del orden de la edad del universo) han sobrevivido y son los elementos radiactivos naturales. Entre ellos está el uranio, observado por Becquerel, con un semiperíodo de 4500 millones de años. Todos los demás ya se han desintegrado.

Pero hoy día somos capaces de reproducir algunos de los productos originales del "big bang": lo podemos hacer mediante el bombardeo de núcleos estables o mediante el proceso de la fisión. En la actualidad conocemos alrededor de 3.600 nucleidos diferentes, de los que sólo el 7% son estables. Para cada elemento químico podemos producir al menos uno, y generalmente un gran número de formas radiactivas. Sin duda podemos ir más allá del elemento más pesado, el uranio, que ocupa el lugar 92 en la Tabla Periódica. La moderna Tabla Periódica va más lejos, llegando hasta el número 112. Estos elementos transuránidos son denominados en su mayoría con los nombres de los científicos que fueron pioneros en la radiactividad y la física nuclear, entre ellos el curio, el rutherfordio, el nielsborio, el fermio, y el meitnerio.

Cuando el fenómeno de la radiactividad fue descubierto hace 100 años, se consideró que era un comportamiento excepcional de unos pocos elementos, una rareza de la naturaleza. Ahora sabemos que es la foma más frecuente de la materia, y que los elementos estables son la excepción. Una observación aparentemente curiosa - aunque insignificante - de la emisión espontá-

nea de radiación de unos pocos elementos, ha llevado a comprender la composición de todos los átomos y al entendimiento - aún incompleto - del origen del universo.

Pero además de aportar un entendimiento de los procesos fundamentales en la naturaleza; aparte de la multitud de aplicaciones prácticas en muchos aspectos de la vida, el descubrimiento de la radiactividad ha traído también otra consecuencia más aterradora, la amenaza a la continuidad de la existencia de la especie humana. Este aspecto marca la segunda mitad del siglo, la era nuclear que comenzó con la bomba sobre Hiroshima.

Ya mencioné antes que las radiaciones emitidas por las sustancias radiactivas transportan una enorme energía. Así se evidenció por primera vez que en el núcleo del átomo se almacena una gran cantidad de energía. A pesar de que el origen de esta energía fue pronto explicado por Einstein con la equivalencia entre masa y energía $E = mc^2$, no fue posible su uso para fines prácticos. Incluso bastantes años después, en 1933 el gran Rutherford afirmaba en un discurso presidencial a la British Association que "...cualquiera que busque una fuente de energía en la transformación de los átomos, estará diciendo tonterías". Pero inmediatamente después los hechos comenzaron a refutar esta opinión.

Todo comenzó en 1934 con Enrico Fermi y su equipo en Roma, demostrando que los isótopos radiactivos pueden ser producidos mediante bombardeo con neutrones. Más tarde en ese año, el científico húngaro Leo Szilard, en esa época en Londres, concibió la idea de que algunos de los neutrones utilizados como proyectil pudieran a su vez ser emitidos, abriendo así el camino a una reacción en cadena autosostenida; en esa línea propuso un proyecto de investigación para la búsqueda sistemática de un elemento en el que ésto ocurriera. Pero las autoridades en Inglaterra consideraron que el coste de este estudio era demasiado alto para el riesgo que suponía una idea tan extravagante. Más tarde Szilard declaró que él debería haber recibido el Premio Nobel de la Paz por NO proseguir con su idea, lo que hubiese llevado a la bomba atómica mucho antes.

El verdadero gran adelanto vino unos pocos años más tarde, con el descubrimiento de la fisión del uranio. Fue a partir del trabajo de los científicos alemanes Otto Hahn y Fritz Strassman, junto con Lise Meitner, que observaron que algunos de los supuestos elementos transuránidos se comportaban químicamente como muchos elementos ligeros, tales como el bario; sin embargo no pudieron explicar sus hallazgos. Fue Otto Robert Frisch, quien en una publicación conjunta con su tía Lise Meitner, puso de manifiesto que el proceso era una nueva reacción nuclear, por la que el núcleo de uranio bombardeado con neutrones se rompía en dos fragmentos, por ejemplo en kriptón y bario.

Le dió el nombre de fisión, un término que tomó de la biología. Aunque el Premio Nobel por la fisión fue para Otto Hahn, y aunque más tarde Lise Meitner recibió el premio Fermi y la denominación de un elemento, quien realmente descubrió la fisión fue Robert Frisch, pero él nunca tuvo un reconocimiento expreso por ello. Casi inmediatmente después de que el trabajo de Frisch y Meitner fuera publicado en febrero de 1939 en "Nature", científicos de varios laboratorios, incluso yo mismo, descubrieron de forma independiente que varios neutrones son emitidos en cada fisión. Ésto abrió el camino a la reacción en cadena: algunos de estos neutrones podían provocar posteriores fisiones con la liberación de más neutrones y así sucesivamente; se produciría un incremento exponencial liberándose una gigantesca cantidad de energía; por primera vez era posible tener acceso a la energía almacenada en el núcleo. Actualmente se emplea esta energía en centenares de reactores en todo el mundo para generar electricidad.

Sin embargo de esta observación se extraía otra idea: si toda esta enorme cantidad de energía se liberaba en un breve lapso de tiempo, y los cálculos mostraban que eso podía ocurrir en menos de un microsegundo, el resultado podía ser una fortísima explosión, en otras palabras la bomba atómica.

Para los científicos que como yo mismo estábamos educados en los principios humanistas, la idea de hacer un arma de destrucción masiva era detestable, pero nos preocupaba que los científicos alemanes pudieran construir la bomba y que esto permitiera a Hitler conquistar el mundo. Tanto que desarrollamos un razonamiento para justificar nuestros actos: necesitamos la bomba no para usarla, sino para prevenir que Hitler la use por la amenaza de represalias; el concepto clásico de disuasión nuclear.

A principios de 1940 Frisch y Rudolph Peierls, trabajando en Birmingham, hicieron los cálculos que mostraban que el tamaño de la bomba podría ser suficientemente pequeño. Ésto condujo a la constitución en el Reino Unido del Comité Maud, y más tarde a crear en los Estados Unidos el Proyecto Manhattan y finalmente en agosto de 1945, al lanzamiento de la bomba atómica sobre Hiroshima y Nagasaki.

Aparte de su enorme potencia destructora, la bomba de fisión genera también gigantescas cantidades de productos de fisión altamente radiactivos que quedan en suspensión en la atmósfera. Como ya se ha mencionado, esta radiactividad puede producir efectos perjudiciales a largo plazo como son la inducción de leucemia y otros cánceres. Este aspecto se convirtió en la principal preocupación, después de cada prueba de grandes bombas, incluidas las bombas de hidrógeno, durante la carrera de armas nucleares entre los Estados Unidos y la Unión Soviética.

Sin embargo una amenaza mucho mayor, inadvertida inicialmente, se avecinaba en el horizonte: la amenaza a la continuidad de la existencia de los seres humanos. La principal característica de la era nuclear es que por primera vez en la historia es posible para el ser humano destruir su propia especie, y conseguirlo de una sola vez. Incluso nosotros, los científicos que hicimos la bomba no advertimos esta eventualidad, sencillamente porque sabíamos que ésto requeriría la detonación de un grandísimo número de bombas de hidrógeno, quizá cien mil de ellas, e incluso en nuestros más pesimistas escenarios no imaginábamos que la sociedad humana pudiera ser tan estúpida como para construir ese número, porque no podíamos encontrarle sentido. Pero la sociedad humana fue así de estúpida. En unas pocas décadas fueron fabricadas y listas para su uso un número semejante de cabezas nucleares. Hemos evitado la peor de las catástrofes más por buena suerte que por la prudencia de los gobernantes; con el final de la guerra fría el peligro es mucho menor, pero la amenaza siempre permanecerá.

La observación puramente científica y en apariencia inofensiva realizada hace 100 años por Becquerel, ha conducido a consecuencias inimaginables: un gran beneficio para todos nosotros, una nueva fuente de energía, una revolución en la teoría y práctica de la medicina, muchas otras aplicaciones beneficiosas, pero también condujo al desarrollo de medios de destrucción de nuestra civilización y una amenaza para la existencia de la humanidad misma. Ésto supone una enorme responsabilidad para todos nosotros. Es el trabajo de la profesión médica salvar vidas, pero como seres humanos debería ser su trabajo ayudar a salvar a toda la humanidad. La humanidad nunca estará absolutamente segura después del descubrimiento de la energía nuclear y las armas nucleares, a menos que nos administremos para evitar los conflictos militares que puedan conducirnos a un holocausto nuclear. La guerra debe dejar de ser una institución aceptable. La creación de un mundo sin guerras debe ser la lección del descubrimiento de la radiactividad hace 100 años.

❑

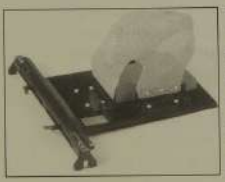
POSICIONAMIENTO, FIJACIÓN
Y PROTECCIÓN DE PACIENTES EN RADIOTERAPIA

FABRICACIÓN DE MOLDES

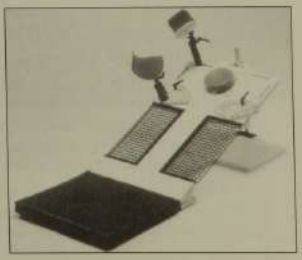
Cortadores de bloques de Styrofoam, tipos manual y automáticos para cortes 2D y 3D, partiendo de datos de placa radiográfica + scanner o de sistema de planificación disponible. **Sistema de planificación autodidáctico**, de manejo sencillo y práctico, especial para nuevos centros de trabajo. **Bloques de poliestireno** cortados a medida. **Crisoles de fusión** de diferentes capacidades. **Aleaciones de baja fusión** con o sin cadmio. **Bandejas de enfriamiento.** Pupitres con vibradores. **Placas y bandejas portamoldes.** Sistema de bloques satélites. **Materiales para bolus. Marcadores adhesivos. Tomadores de contorno y espesores corporales,** etc.

FIJACIÓN Y POSICIONAMIENTO

Inmovilización de pacientes mediante bandejas de fijación, adaptables a las camillas de las unidades de tratamiento o simulación, en metacrilato o fibra de carbono. Diferentes modelos para **pelvis, mamas** (plano inclinado), **cabeza y hombros. Hojas termoplásticas** moldeables a mano. Baños termostáticos.



Colchones o almohadillas plásticas, que rigidizan por aplicación de vacío, para posicionamiento y repetición de posturas incómodas durante el tratamiento.



M. Argerich

Para mayor información, dirigirse a:

MCP IBERIA, S.A.

Miembro del Grupo de Compañías MCP

Avda. San Pablo, 31 - Nave 18 • 28820 COSLADA - Madrid Teléfonos (34-1) 669 41 82/42 36 • Telefax (34-1) 669 40 24

Desde el comienzo, los usuarios han sido la fuente de nuestras mejores ideas.

En Philips escuchamos a los profesionales de la sanidad desde hace más de 100 años.

La experiencia adquirida se plasma en nuestros productos y servicios, y en los miles de instituciones médicas que nos consideran un colaborador fiable y competente.

Desde equipos de diagnóstico por imagen y terapia, hasta programas de apoyo, actualización y mejora de la productividad, tenemos las soluciones que está buscando.

Juntos hacemos tu vida mejor.

PHILIPS

PHILIPS

GAMMAMED®

Sistema de Braquiterapia HDR y PDR

- Utilización posible en braquiterapia HDR y PDR con el mismo equipo y juego de aplicadores.
- Tratamientos con posibilidad de hasta 24 canales, con un máximo de 40 posiciones por canal.
- Selección de posición de fuente con pasos de 1-10 mm.
- Fuente de Ir-192 de 10 Ci de actividad nominal.
- Compensación automática del *decay* de la fuente.
- Blindaje suficiente para una fuente de Ir-192 de 20 Ci.
- Fuente encapsulada de 0.6 x 3.5 mm.
- Test de correcta conexión de los aplicadores.
- Transferencia directa de los parámetros de tratamiento desde el ordenador de planificación al GAMMAMED.
- Fuente fantoma para el control previo de toda operación.
- Retracción de la fuente en caso de fallo eléctrico.
- Amplio juego de aplicadores para irradiación intraluminal, intracavitaria, intersticial e intraoperatoria.

med

SEGURIDAD

- Test de autodiagnóstico antes y durante el tratamiento.
- Recorrido de la fuente desde la posición distal a la proximal.
- Cambio semiautomático de la fuente, eliminando cualquier exposición a la radiación.
- Chequeo continuo de la posición de la fuente con un contador Geiger-Müller, situado dentro de la unidad.
- Los parámetros de tratamiento se visualizan continuamente en el monitor de la consola de control.

SOFTWARE DE PLANIFICACIÓN

- Sencillo. Manejo bajo entorno Windows.
- Representación de isodosis en 2D y 3D.
- Distribución de isodosis sobre registros de rayos X y de CT.
- Manipulación gráfica de planos de isodosis.
- Múltiples métodos de reconstrucción.

CIS España, S.A.

Prim, 5 - 28004 MADRID
Tels.: 521 64 30 - 38 - 39
Fax: 521 95 75

Filial de:
CIS Bio International

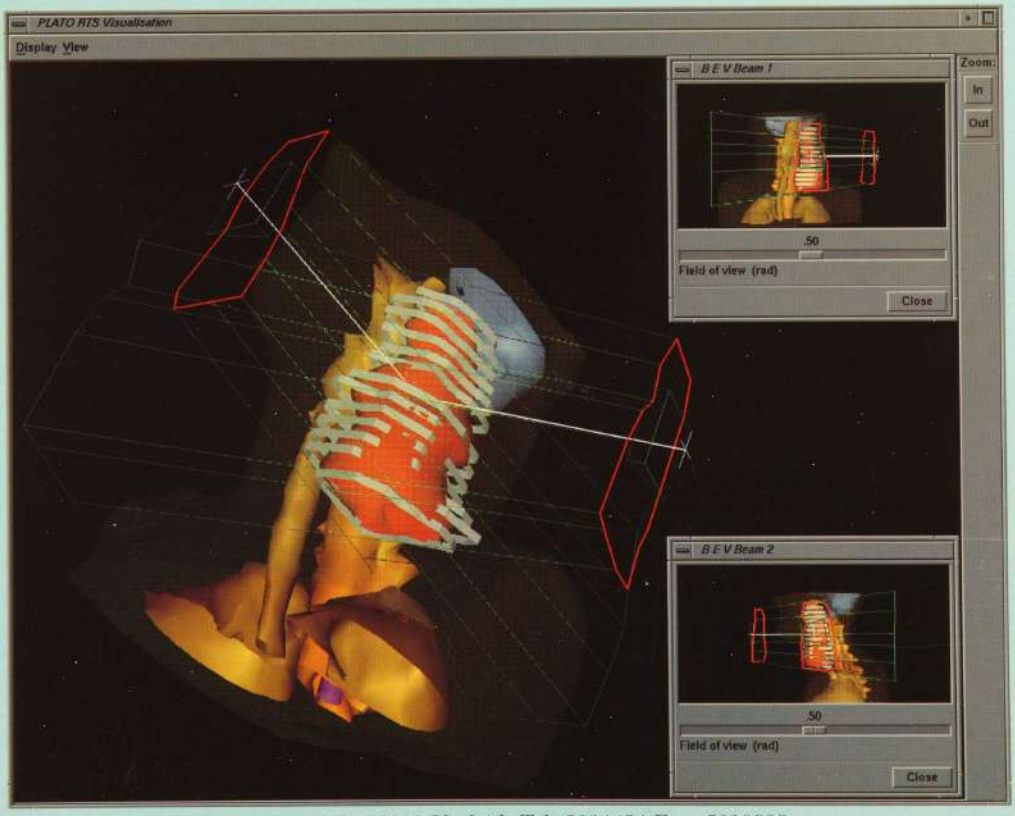
nucletron - Oldelft

Nucletron da soluciones en:

- Braquiterapia
- Planificación de Radioterapia
- Simulación
- Radiocirugía

PLATO Radiotherapy Treatment Planning System

The Anatomy of a 3D Treatment Plan



Nucletron S.A., Montera 33, 1º D, 28013 Madrid. Tel: 5234454 Fax: 5210838