

INSTITUTO DE ONCOLOGIA Y RADIOBIOLOGIA

Experiencia en el adiestramiento de personal técnico en radiofísica médica

Por:

Dr. JOSE MARCO HERNANDEZ* y Lic. SANTIAGO FONG CHI**

Marco Hernández, J.; S. Fong Chi. *Experiencia en el adiestramiento de personal técnico en radiofísica médica*. Rev Cub Med 19: 3, 1980.

Se expone la experiencia en la conformación y ejecución de un plan de estudios en radiofísica médica, para la formación de personal técnico, con experiencia clínica directa en las áreas de radiaciones del Instituto de Oncología y Radiobiología. Se presenta también el contenido temático del curso, actividades experimentales y habilidades adquiridas que logran la formación integral del técnico.

* Especialista en física médica. Jefe del laboratorio de radiofísica, IOR

** Licenciado en bioquímica, jefe del laboratorio de radiofarmacia, IOR

INTRODUCCION

La radiofísica médica ocupa un lugar de esencial importancia en la asistencia médica, especialmente en la utilización de radiaciones ionizantes de cualquier tipo, y en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

La función de esta disciplina en las ciencias médicas ha quedado de manifiesto en reuniones conjuntas del Organismo Internacional de Energía Atómica y la Organización Mundial de la Salud.

En 1971, por orientación de nuestro Director profesor doctor Z. Marinello, Iniciamos la estructuración de un plan de estudios para la formación de técnicos en radiofísica médica.

La importancia creciente de la física médica, y en particular, las aplicaciones de las radiaciones ionizantes y los radioisótopos en medicina nuclear, radioterapia y radiología de diagnóstico, así como la adquisición de modernos equipos para estos fines, determino la participación de profesionales físicos en el IOR y el adiestramiento de personal técnico medio adecuado.

Previamente existía una experiencia en algunos cursos para técnicos destinados al trabajo específico en radioterapia o en medicina nuclear. Se tomo como objetivo formar un nuevo tipo de técnico, dotado de conocimientos integrales que le permitieran trabajar en cualquiera de nuestros servicios medi-

cos de radiaciones. Acorde con estos propósitos, el plan de estudios consta de una nivelación en ciencias, es decir Matemática, física, química, biología, anatomía y fisiología. La estructura curricular cubre implícitamente conoci-

mientos básicos en radioisótopos, interacción y características de las radiaciones ionizantes en un medio, rayos X, dosimetría, protección radiológica, efectos biológicos de las radiaciones e instrumentación nuclear.

De primordial importancia en el desarrollo del curso ha sido la necesidad de una organización y coordinación efectiva de todas las actividades asociadas. Esto deriva fundamentalmente de varios factores entre los más importantes:

- a) La diversidad de áreas de trabajo práctica.
- b) La manipulación de fuentes radiantes de diversos niveles de actividad.
- c) La participación de los alumnos en la atención a pacientes.
- d) La participación multidisciplinaria de especialistas como profesores, dedicados fundamentalmente a otras tareas no docentes.
- f) La utilización de la instrumentación nuclear disponible.

Contenido del curso

El curso se desarrolló durante cuatro semestres, con 192 horas lectivas correspondientes a las asignaturas teóricas y un promedio de 560 horas de práctica en cada semestre. El contenido de matemática y física, en forma introductoria, se consideró prerequisite fundamental para el desarrollo de las asignaturas básicas específicas. El aprendizaje de los conceptos de física fue respaldado con la proyección semanal de filmes documentales sobre diferentes aspectos de la física general y las aplicaciones de los radioisótopos. Cada una de las asignaturas fue evaluada a partir de pruebas intermedias acumulativas.

Los tópicos presentados en las diferentes asignaturas pueden ser descritos brevemente como sigue:

Matemática: álgebra, geometría plana, trigonometría, teoría de errores, funciones, límite y continuidad. La función

exponencial y su significación física. Elementos de estadística.

Física general: conceptos básicos de la mecánica. Leyes de Newton. Sistemas de fuerza. Trabajo y energía. Comportamiento de la luz. Reflexión y refracción. Interferencia. Electricidad. Ley de Coulomb. Energía y movimiento de cargas en campos eléctricos. Propiedades magnéticas de la materia.

Química: enlaces químicos. Nomenclatura de compuestos orgánicos e inorgánicos. Reacciones y ecuaciones químicas. Ácidos, gases, sales. Métodos de separación y purificación.

Biología: conceptos sobre biología celular. Estructura general de la célula. Componentes químicos, métodos de estudio de la célula. Membrana celular. Componentes subcelulares.

Física de las radiaciones: estructura atómica y nuclear. Radiactividad. Leyes de la desintegración radiactiva. Formas de desintegración radiactiva. Interacción de las radiaciones con una sustancia. Absorción de la radiación. Esquema de desintegración. Reacciones nucleares. Activación neutrónica. Trazadores radioactivos.

Electrónica: leyes de Kirchoff. Fundamentos de los tubos al vacío. Diodos, triodos, métodos. Tubos de rayos catódicos. Transistores. Circuitos básicos. Mediciones de voltaje y corriente. Rectificación y filtraje. Circuitos formados de pulsos.

Instrumentación nuclear: Cámaras de ionización. Contador proporcional y Geiger-Muller, centelleadores, líquidos y sólidos, detectores de estado sólido. Preamplificadores, amplificadores lineales, discriminadores y analizadores de pulsos. Sistemas de registro. Técnicas de medición de radiaciones alfa, beta y gamma. Estadística del conteo radiactivo.

Dosimetría: unidades y medidas dosimétricas. Dosimetría de fuentes lineales. Dosimetría de emisores beta. Fórmulas de Quimby y Marinelli. Ins-

trumentación dosimétrica. Dosimetría de emisores internos.

Protección radiológica: principios de protección radiológica. Dosis máxima permisible. Niveles de tolerancia. Dosimetría filmica. Instrumentación de monitoraje. Monitoraje personal. Monitoraje de áreas. Monitoraje del medio ambiente.

Radioterapia: conceptos básicos de oncología general. Métodos de tratamiento curativos y paliativos. Medios de diagnóstico utilizados en oncología. Fundamento y técnica del tratamiento de enfermedades no neoplásicas. Radioterapia de los tumores de las diferentes localizaciones.

Radiobiología: mecanismo de acción de las radiaciones ionizantes. Radiosensibilidad y radiorresistencia. Enfermedad aguda por irradiación. Enfermedades por irradiación crónica.

Dosimetría en radioterapia: el *rádium* y sustitutos empleados en braquiterapia, dosimetría del tratamiento radiante del cáncer del cuello del útero. Medida del rendimiento de instalaciones de telecobaltoterapia, equipos

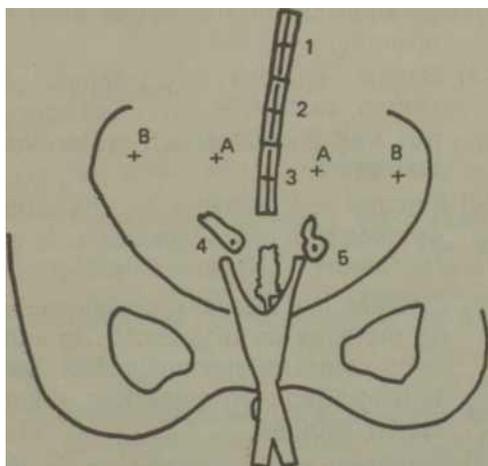


Figura 1. Representación gráfica de una implantación de radium 226 para el cálculo dosimétrico de la braquiterapia del cáncer del cuello del útero.

de rayos X. Medida de la calidad de haces de rayos X. Factores físicos de la irradiación en teleterapia. Planificación de tratamientos. Dosis integral. Terapia cinética. Filtros de cuña. Dosimetría de campos bloqueados.

Medicina nuclear: Trazadores radiactivos. Métodos de análisis por dilución isotópica. Técnicas de centelleografía, renografía, captación tiroides. Estudios dinámicos y cinéticos. Técnica ferrocinética. Pruebas funcionales y de diagnóstico *in vitro*. Principios de radiofarmacia.

Concurrentemente con las asignaturas referidas anteriormente durante todo el curso fueron impartidas clases de idioma inglés y educación política.

Adiestramiento experimental

Durante el curso se realizaron experimentos destinados a familiarizar al alumno con determinadas técnicas e instrumentos. Ejemplo representativo lo constituye la determinación experimental de curvas de isodosis en teleterapia, la elaboración de los correspondientes datos experimentales y la confección de los gráficos. Sin embargo, el adiestramiento experimental básico consistió en el trabajo directo en los servicios de medicina nuclear, radioterapia, rayos X, protección radiográfica y radiofísica. A estos efectos, los alumnos han rotado por las siguientes áreas: cuarto caliente de almacenamiento de fuentes de *rádium*, salón de implantaciones de *rádium*, planificación de tratamientos, unidades de telecobaltoterapia y rayos X, rayos X de diagnóstico, laboratorio de dosimetría filmica, laboratorio de instrumentación nuclear, laboratorio de radiobiofísica, laboratorio de pruebas *in vitro*, laboratorio de renografía, laboratorio de centelleografía, laboratorio de hematología y laboratorio de captación tiroidea.

Al concluir su período de estancia en cada área asignada, los estudiantes presentaron un informe técnico, evaluado como trabajo de curso. Algunas de

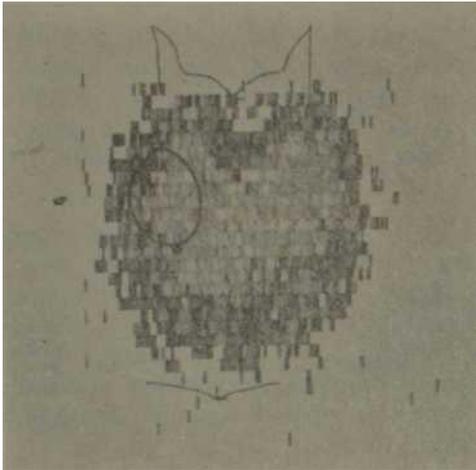


Figura 2. Centelleografía de un nódulo túbio de la tiroides.

las experiencias más relevantes han sido las siguientes:

En el servicio de radioterapia, los estudiantes han trabajado en el cálculo de las dosis entregadas en puntos de interés clínico durante el tratamiento radiante del cáncer del cuello del útero (figura 1), haciendo uso de las tablas numéricas de Stovall y Shalek y la información radiográfica de las implantaciones intracavitarias. Junto a radioterapeutas y físicos han trabajado en la elaboración de cortes anatómicos para la planificación de tratamientos. Han confeccionado las gráficas resultantes de la composición de campos múltiples y han ejercitado las fórmulas de cálculos numéricos a partir de los rendimientos en profundidad, utilizando las tablas de dosis en profundidad de *Johns*³ y los atlas OIEA⁴ y ROKUS⁵ para gráficas de isodosis en teleterapia.

En el servicio de medicina nuclear, han ejercitado la preparación, manipulación e inyección de radiofármacos bajo condiciones de seguridad. Bajo la guía de un técnico graduado han seguido las distribuciones radiactivas mediante rastreadores radioisotópicos lineales, ejercitando los pasos adecua-

dos para la obtención de centellografías óptimas (figura 2).

Habilidades adquiridas

Como resultado del estudio teórico y los trabajos prácticos, los alumnos han alcanzado habilidades que les permiten, trabajando bajo la supervisión de un especialista en radiofísica médica, ejecutar las siguientes actividades:

- 1) Efectuar la metrología de haces de radiaciones ionizantes con diferentes sistemas de detección.
- 2) Inspeccionar sistemáticamente equipos de calibración de haces de radiaciones ionizantes.
- 3) Colaborar en la planificación de tratamientos en radioterapia.
- 4) Confeccionar moldes de aplicación en braquiterapia.
- 5) Preparar accesorios de teleterapia (filtros cuña o bloqueadores) y colaborar en su aplicación en el tratamiento a pacientes.
- 6) Transportar y almacenar material radiactivo con seguridad.
- 7) Aplicar las reglas de protección contra las radiaciones ionizantes y velar por su cumplimiento.
- 8) Colaborar en el adiestramiento de personal técnico en radiaciones ionizantes.
- 9) Operar equipos electrónicos de conteo radiactivo en investigaciones físico-médicas con radiaciones ionizantes.
- 10) Ejecutar las técnicas de aplicación de métodos de diagnóstico *in vitro* mediante isótopos radiactivos.
- 11) Ejecutar las técnicas de aplicación de métodos de diagnóstico *in vivo*, tales como renogramografías, centellografías, eritrocineáticas y captación tiroidea.
- 12) Colaborar en la elaboración de datos y confección de gráficas.
- 13) Dosificación y administración de radiofármacos destinados a fines diagnósticos y terapéuticos.

Hasta el presente estos cursos se han impartido tres veces, algunas modificaciones en el contenido curricular o temático los han diferenciado del programa básico presentado en este trabajo. Han existido diferencias en las actividades experimentales, determinadas por la ubicación de los técnicos como graduados. A juzgar por la opinión de los alumnos, las actividades de más fuerte motivación han sido las técnicas nucleares de diagnóstico y las mediciones dosimétricas en radioterapia.

La presentación y discusión de informes técnicos individuales, la participación en eventos técnicos de conocimientos y la presentación de un trabajo final de grado han contribuido en gran medida a la formación de los técnicos.

El buen éxito de estos cursos ha estado determinado por la participación como profesores de especialistas profesionales en cada una de las materias impartidas. El trabajo posterior de estos técnicos, como graduados, ha mostrado una marcada calidad y eficiencia resultante de los conocimientos adquiridos en el curso. Debemos concluir que el alcance del material de estudio desarrollado ha permitido lograr los objetivos del programa de adiestramiento técnico en radiofísica médica.

Apéndice

La utilización de los textos de referencia para el curso, nos planteó una seria dificultad. La generalidad del material con que contábamos correspondía a un nivel superior y no medio. Esto determinó la selección de capítulos específicos en concordancia con la materia respectiva y su elaboración a partir de los textos elegidos. La siguiente lista, aunque no completa, refleja los textos más representativos del curso:

1. Pérez Modrego, S. Radiaciones Ionizantes.
2. Fairés, R. A. y Parks, B. H. Radioisotopes laboratory manual.
3. Rodé, I. General Radiation Therapy.
4. Wagner, H. N., Jr. Principles of Nuclear Medicine.
5. Hino. Nuclear Instrumentation.
6. Massey, J. B. Manual de dosimetría en Radioterapia. Informe Técnico 110 OIEA Vienna-1971.
7. Bacq y Alexander. Fundamentos de Radiobiología.
8. Gómez, A. Yeras y col. Manual del curso de Dosimetría en Radioterapia, CNEA. Argentina.

SUMMARY

Marco Hernández, J.; S. Fong Chi. *Experiences from the training of technical personnel for medical radiophysics*. Rev Cub Med 19: 3, 1980.

Experiences in designing and conducting a study plan for medical radiophysics aimed at training technical personnel having a direct clinical experience with the radiation areas of the Institute of Oncology and Radiobiology are exposed. Likewise, the thematic content of the academic course, experimental activities and obtained skills all of which lead to an integral training of the technician are pointed out.

RÉSUMÉ

Marco Hernández, J.; S. Fong Chi. *Expérience dans la préparation de cadres moyens en radiophysique médicale*. Rev Cub Med 19: 3, 1980.

Les auteurs rapportent l'expérience obtenue dans la conformation et mise en oeuvre d'un plan d'études en radiophysique médicale, pour la formation de cadres moyens, avec une expérience clinique directe dans les services de rayonnements de l'institut d'Oncologie et de Radiobiologie. Ils présentent aussi le contenu thérapeutique du cours, les activités expérimentales et les habiletés acquises auxquelles on parvient par la formation intégrale du personnel.

BIBLIOGRAFIA

1. La Radiofísica Médica OIEA/OMS, informe técnico No. 390, 1968.
2. Adiestramiento de personal en Física aplicada a la radioterapia OPS/OMS, 1973.
3. *Johns, H. E.; J. R. Cunningham.* Thomas Books, 1969.
4. Atlas of radiation dose distributions Vol. I y II. OIEA, 1966.
5. *Ruderman, A. I. et al.* Atlas of the dose fields-ROKUS, Vol. I, 1968.