

PROGRAMA DE RESIDENCIA EN

# Física Médica

MODALIDAD: SEMIPRESENCIAL

DIRIGIDO A: FÍSICOS MEDICOS



# Módulo Uno

## Física de las radiaciones y dosimetría

Programa de Residencia de Física Médica

### Objetivos:

- . Aprender en forma teórica la física de las radiaciones y su interacción con la materia. -
- . Aprender la teoría física que involucra los sistemas de dosimetría. -

### Cátedra:

Lic. Graciela Velez, Ms. C. Liliana Mairal

### Lugar:

Centro Oncológico Integral (COI) - Neuquén.

### Crédito

96 hs totales durante 4 meses

### Forma de evaluación de la materia

Exámenes parciales, informes de trabajos prácticos  
y examen final escrito

1	Objetivos y marco de la materia. Contenidos.
2	Relatividad. Leyes de conservación de la mecánica relativista
3	Introducción a la mecánica cuántica. Radiación de cuerpo negro, efecto fotoeléctrico, difracción de electrones. La hipótesis de De Broglie. Estructura atómica. Ecuación de Schrödinger.
4	Interacciones de gamma y RX. Atenuación exponencial. Coeficientes de atenuación. Secciones eficaces. Mecanismos de interacción. Efecto Compton: cinemática, sección eficaz, transferencia de energía. Efecto fotoeléctrico. Creación de pares. Coeficientes de atenuación y coeficientes de transferencia de energía. Coeficiente de transferencia. Factor de build-up. Coeficiente efectivo de atenuación. Problemas
5	Interacciones de partículas cargadas. Mecanismos de interacción. Energía transferida: stopping power. Energía absorbida: stopping power restringido (LET). Curva de Bragg. Problemas / simulación.
6	El núcleo atómico. Número de masa. Isótopos. Propiedades físicas del protón y neutrón. Nomenclatura y Carta de Segrè. Estabilidad. Niveles. Energía de unión. Decaimiento radiactivo. Tipos de decaimientos radiactivos. Reacciones nucleares: leyes de conservación, valor Q. Problemas.
7	Decaimiento radiactivo. Vida media y período. Actividad. Actividad específica. Cadenas. Relaciones padre-hijo. Activación por neutrones y partículas cargadas. Problemas capítulo 6. Experiencia 1
8	Introducción a la dosimetría. Caracterización de un campo radiante. Cantidades para describir la interacción de la radiación ionizante con la materia: kerma, dosis absorbida y exposición. Relación entre Kerma y fluencia; y entre exposición y fluencia. Relación entre el Kerma de colisiones en materiales típicos: músculo, agua, hueso, acrílico. Equilibrio de partículas cargadas y equilibrio transitorio. Cocientes de dosis absorbida para diferentes materiales. Relación entre dosis, exposición y Kerma. Constante gamma. Problemas
9	Fundamentos de dosimetría Teoría de cavidad de Bragg-Gray. Corolarios. Correcciones por presión, temperatura y humedad. Determinación de dosis a partir de una cámara de ionización absoluta. Semejanza entre materiales: gas, pared y "x". Problemas

10

Cámaras de ionización. Cámaras de ionización de aire; abiertas y tipo dedal. Influencia del espesor de pared. Dependencia energética. Flujo de gas. Recombinación y saturación. Medición de corriente y carga. Calibración: PSDL-SSDL;  $N_x$ ,  $N_k$  y  $N_{gas}$ . Determinación de dosis en un haz de fotones y de electrones. Problemas. Experiencia 2

11

Rayos X. Producción y distribución de energía. Filtrado. Especificación de la calidad. Problemas.

12

Detectores en modo pulso. Semiconductores: principio y aplicación a fotones. Cadena de medición. Espectrometría de fotones: espectro, calibración en energía, resolución, número de canales, eficiencia. Experiencia 3

Trabajos prácticos experimentales

1. Decaimiento radiactivo: Producción de isótopos radiactivos por activación y determinación de su constante de decaimiento.
2. Caracterización y utilización de cámaras de ionización utilizadas en dosimetría.
3. Calibración en energía y en eficiencia de un detector HPGe

## Bibliografía /

- Khan FM: The Physics of Radiation Therapy. Second Edition. Williams & Wilkins, 1994.
- Technical Report Series No 277 2nd ed. IAEA (1997).
- Williams JR, Thwaites: Radiotherapy Physics. Oxford University Press, 1993.
- Knoll GF: Radiation Detection and Measurement. 2nd E., John Wiley, 1989
- Attix FH: Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry. John Wiley, 1986
- Turner JE: Atoms, Radiation and Radiation Protection. Pergamon Press, 1986.
- Lapp RE and Andrews HL: Nuclear Radiation Physics. 4 th Ed., Prentice-Hall, 1972.
- Evans RD: The Atomic Nucleus. McGraw-Hill, 1955.
- Gilmore G and Hemingway JD: Practical Gamma-Ray Spectrometry. John Wiley, 1995
- Johns H. E. and Cunningham J. R: The Physics of Radiology

## Módulo Dos

# Anatomía de corte normal y patológica

Programa de Residencia de Física Médica

### Objetivos:

- . Adquirir los conocimientos del funcionamiento normal y la estructura del cuerpo humano.
- . Nociones básicas de oncología
- . Análisis de la anatomía topográfica y su correlación con los cortes seccionales de ultrasonidos, tomografía computada y resonancia magnética.
- . Análisis de la anatomía metabólica y su correlación con tomografía multicorte (SPECT-CT y PET-CT) y resonancia magnética.

### Cátedra:

Dr. Zenón Beguelin, Dra. Silvia Hansing, Dr. Alejandro Schroeder

### Lugar:

Fundación Médica de Río Negro y Neuquén - Cipolletti.

### Crédito

64 hs totales durante 4 meses (4 hs. Semanales)

### Forma de evaluación de la materia

Examen final escrito

1	Introducción. Objetivos y marco de la materia. Contenidos.
2	Introducción a la medicina. Definición de salud y enfermedad. Procedimiento médico, confección de historia clínica, definición de diagnóstico y pronóstico. Tipos de tratamiento y clasificación de las enfermedades. Introducción a la anatomía. Planos anatómicos y división topográfica.
3	Estructuras óseas. Sistema óseo, generalidades, tipos de hueso. Sistema esquelético. Radiografías. Articulaciones. Anatomía radiológica del macizo cráneo facial. Anatomía radiológica de la columna vertebral y la pelvis. Anatomía radiológica de las extremidades superior e inferior. SPECT-CT en lesiones óseas. Anatomía de corte en CT, SPECT-CT y PET-CT de estructuras óseas.
4	Sistema cardiovascular. Sistema cardiovascular: conceptos generales sobre circulación general, anatomía y fisiología cardiovascular. Características físicas. Anatomía radiológica y metabólica del tórax. Anatomía radiológica y metabólica (SPECT-CT y PET-CT) del cuello. Anatomía de corte en RMN, CT, SPECT-CT y PET-CT del sistema cardiovascular.
5	Sistema digestivo, reproductor y urinario. Generalidades. Capas del tubo digestivo. Peritoneo. Boca. Faringe. Esófago. Estómago. Páncreas. Hígado y vesícula biliar. Intestino delgado. Intestino grueso. Sistemas femeninos y masculinos de los órganos reproductivos y urinarios. Estudio de contraste y Centellograma y SPECT-CT. Anatomía radiológica del abdomen: Espacio peritoneal y extraperitoneal, región supramesocólica e inframesocólica, tubo digestivo y aparato genito urinario. Anatomía de corte en CT, RMN, y PET-CT de los sistemas digestivo, reproductor y urinario
6	Sistema endocrino, respiratorio y nervioso. Anatomía y fisiología del sistema endócrino. Sistema respiratorio: Anatomía del aparato respiratorio. Sistema nervioso: central y periférico. Electroencefalograma. Anatomía radiológica del tórax. Anatomía radiológica y metabólica del sistema nervioso central: Encéfalo y órganos de los sentidos. Anatomía radiológica y metabólica de la medula espinal. Anatomía de corte en RMN, CT, y PET-CT de los sistemas endocrino, respiratorio y nervioso.
7	Oncología. Definiciones de neoplasia, tumor y cáncer. Nomenclatura de tumores benignos y malignos. Diferencias en el comportamiento de tumores benignos y malignos. Conceptos médicos en planificación de tratamientos radiantes, toxicidad aguda y secuelas actínicas permanentes. Distinción de OARs (Órganos a riesgo) y áreas de tratamientos: Distinción y marcación de CMI en mamas, seromas, cadenas ganglionares en cabeza y cuello. Observación y distinción de estructuras neoplásicas en cortes axiales y su comparativa con estructuras normales. Anatomía de corte en RMN, CT, SPECT-CT y PET-CT de tumores en diversas regiones anatómicas.

- Lee, Sagel y Colab; Body CT con correlación Anatómica.
- R. GarcíaMónica. Hospital Ediciones 2011; Los 101 Diagnóstico por imágenes.
- Jorge Ahualli. Journal 2012. Manual de TC de Urgencia.
- Netter. Larry R. Cochard Edit Journal 2014; Introducción al Diagnóstico por imágenes.
- Federle, Jeffrey, Woodwaed. Borhanni, Edit Amirsys 2010; Diagnostic Imaging.
- P. Kamina. 1997; Anatomía general.
- Doctor Stanley Robbins. 1975; Patología estructural y funcional.
- Gerard Tortora y Sandra Grabowski, 2002; Principios de anatomía y fisiología.
- Jan Langman, 1982; Embriología médica.
- H. Voss, R. Herrlinger, 1974; Anatomía Humana.
- Keith Moore y Arthur Dalley, 2002; Anatomía con orientación clínica.
- M. Baña, S. Bovalina Tecelán, 2004; Neuroanatomía en esquemas.
- Dennis Casciato y Barry Lowitz, 2001; Oncología clínica.

# Módulo Tres

## Radiobiología

Programa de Residencia de Física Médica

### Objetivos:

- . Describir conceptos y principios biológicos fundamentales en los que se basa la utilización de la radiación ionizante en Medicina.
- . Reconocer el estado actual de los estudios realizados en el ámbito de la Radiobiología, los avances tecnológicos y los beneficios de los nuevos tratamientos en Radioterapia Oncológica.
- . Distinguir la respuesta de los tejidos normales y tumorales a la radiación.

### Cátedra:

Dr. Gustavo Ferraris, Dra. Silvia Hansing

### Lugar:

Fundación Médica de Río Negro y Neuquén - Cipolletti.

### Crédito

32 hs totales durante 2 meses (4 hs. Semanales)

### Forma de evaluación de la materia

Examen final escrito

1	Introducción. Objetivos y marco de la materia. Contenidos.
2	Nociones básicas de Radiobiología. Nociones de anatomía, histología y fisiología humana. Clasificación y caracterización de tumores. Complicaciones clínicas más frecuentes de los tratamientos
3	Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. Efectos directos e indirectos. Radiólisis del agua. Formación de radicales libres y fenómenos secundarios. Efectos de las radiaciones sobre el ADN: tipos de lesiones. Reparación del ADN. Efectos de la radiación sobre otras moléculas. Muerte celular por radiación. Efectos a nivel celular y molecular. Curvas de supervivencia. Su uso para el estudio de EBR (Efectividad Biológica Relativa).
4	Efecto de tasa de dosis y fraccionamiento. Radiosensibilidad de distintos tipos celulares (normales y transformadas) y etapas del ciclo celular, acción de radioprotectores y radiosensibilizantes, efecto del oxígeno.
5	Efectos a nivel del organismo. Efectos Determinísticos: irradiación a todo el cuerpo y localizada, Síndromes agudos de Radiación, efectos determinísticos tardíos. Efectos estocásticos somáticos. Mecanismos de oncogénesis. Curvas de probabilidad de efecto vs dosis para alta TLE y baja TLE. Efecto de la tasa de dosis. Estudios epidemiológicos. Efectos estocásticos hereditarios. Efectos de la irradiación prenatal.
6	Dosimetría Biológica. Concepto de Indicadores y Dosímetros biológicos: biofísicos, bioquímicos, citogenéticas. La Dosimetría Biológica en distintos escenarios de sobreexposición y evaluación: individual y a gran escala, a todo el cuerpo y localizada, inmediata y retrospectiva.
7	Bases radiobiológicas del fraccionamiento. Modelo $\alpha/\beta$ . Tejidos con respuesta temprana y tardía. Hiper e hipofraccionamiento. Equivalencia entre distintos fraccionamientos.

- HALL, E.J., GIACCIA, E., Editors, Radiobiology for the Radiologist, 6th edition (2006), J.B.Lippincott Company, Philadelphia, USA.
- HALL, E.J., "Intensity-modulated radiation radiation therapy, protons, and the risk of second Cancers", Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. (2006),. 65, 1–7.
- HALPERIN, E., CONSTINE, L., TARBELL, N., KUN, L., Secondary tumors, In Pediatric Radiation Oncology, 538–562, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia (2014).
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, IAEA Syllabus for the Training of Radiation Oncologists, Edited by E. Rosenblatt, International Atomic Energy Agency, Human Health Series, (in press).
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiobiology modules in the "Applied Sciences of Oncology" distance learning course. Available on CD from the International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. Downloadable for free from the IAEA website:<http://www.iaea.org/NewsCenter/News/2010/aso.html>
- PODGORSK, E.B, Radiation Oncology Physics: A handbook for Teachers and Students. International Atomic Energy Agency, Vienna, (2005).
- VAN DER KOGEL, A.J., JOINER, M.C., Editors, Basic Clinical Radiobiology: 4th edition; (2009), Hodder Arnold, London, UK

## Módulo Cuatro

## Diseño de Instalaciones Médicas

Programa de Residencia de Física Médica

### Objetivos:

- . Aprender las características principales del equipamiento médico de las modalidades Radiología Convencional (RX), Tomografía Computada (TC), Resonancia Magnética Nuclear (RMN), Medicina Nuclear (MN: SPECT-CT, PET-CT), Radioterapia y su relación con el entorno.
- . Aprender a planificar y diseñar salas con equipamiento médico de alta complejidad, priorizando la funcionalidad y la protección de los pacientes/operadores.
- . Aprender los requisitos y los trámites necesarios para la habilitación de las instalaciones.

### Cátedra:

M. Sc. F. Médica Ricardo Ruggeri., Ing. Biom. Alejandro Kollmann

### Lugar:

Fundación Médica de Río Negro y Neuquén - Cipolletti.

### Crédito

64 hs totales durante 4 meses (4 hs. Semanales)

### Forma de evaluación de la materia

Examen final escrito

1	Introducción. Objetivos y marco de la materia. Contenidos.
2	Introducción a las Instalaciones Hospitalarias. Áreas y Servicios. Instalaciones básicas y especiales. Planificación y Arquitectura.
3	Salas de RX. Introducción a las radiaciones y modalidades que la involucren. Conceptos de Seguridad Radiológica. Blindajes. Requisitos necesarios para la habilitación y trámites ante organismos.
4	Salas de RM. Conceptos Básicos de Resonancia y su interacción con el medio. Medición, planificación y diseño. Jaulas de Faraday y Blindajes Magnéticos. Planning Guide. Errores básicos de diseño.
5	Salas de NM. Fundamentos de las modalidades PET-CT/SPECT-CT. Flujos de trabajo y diagramas de recorrido. Diseño de Instalaciones y Cuarto Caliente. Normativa Regulatoria.
6	Salas de Radioterapia. Conceptos de diseño de un servicio de radioterapia. Planificación y diseño de recintos de irradiación (bunkers) y salas aledañas. Servicios e Instalaciones necesarias.

### Bibliografía /

- James Moore-George Zouridakis, Crc Press. 2004; Biomedical Technology and Devices.
- Programa Ncional de Garantía de Calidad de la Atención Médica; Ministerio de Salud de la Nación.
- Revista Sociedad Española de Protección Radiológica. Nro.48.2006; Cálculo de Blindaje para equipos de radiodiagnóstico.

## Módulo Cinco

# Protección radiológica y seguridad I

Programa de Residencia de Física Médica

### Objetivos:

- . Aprender los conceptos fundamentales de la protección radiológica y seguridad.
- . Aprender de los accidentes ocurridos a nivel mundial

### Cátedra:

Lic. Graciela R. Velez; M.Sc. Física Médica Ricardo Ruggeri.

### Lugar:

Fundación Médica de Río Negro y Neuquén - Cipolletti.

### Crédito

64 hs totales durante 2 meses (8 hs. Semanales)

### Forma de evaluación de la materia

Examen final escrito

1	Introducción. Objetivos y marco de la materia. Contenidos.
2	Principios de seguridad radiológica. Antecedentes históricos, efectos observados, prácticas de protección sugeridas. Marco básico y principios de la protección radiológica.
3	Magnitudes y unidades usadas en protección radiológica. Dosis absorbida media en órgano, factor de calidad, factor de ponderación de la radiación, dosis equivalente en un órgano o tejido, factor de ponderación de los tejidos u órganos, dosis efectiva, magnitudes para contaminación interna. Problemas
4	Magnitudes operacionales: Monitoreo ambiental. Dosis equivalente ambiental. Dosis equivalente direccional. Monitoreo individual. Dosis equivalente colectiva. Dosis efectiva colectiva. Objetivos del monitoreo, registros. Niveles de radiación en los ambientes de trabajo. Clasificación de zonas. Problemas.
5	Instrumentación para la detección de la radiación: Conceptos básicos y descripción del instrumental utilizado en protección radiológica. Cámaras de ionización, contadores proporcionales y contadores Geiger-Muller, centelleadores, films y TLD/OSL, instrumentación de dosis equivalente; instrumentos integradores y activos – rango dinámico. Vigilancia radiológica del personal.
6	Efectos biológicos inmediatos y tardíos: Radiobiología básica, respuestas estocásticas y deterministas, bases de datos experimentales para el daño biológico, reportes BEIR y UNSCEAR. Probabilidad de ocurrencia de efectos somáticos y/o genéticos. Concepto de “riesgo” y “detrimento”. Límites de dosis y de incorporaciones. Límites operativos; restricciones de dosis.

- Fundamentos de Física Médica, Vol. 7 "Protección Radiológica Hospitalaria"; SEFM 2013.
- NCRP report 38. Protection Against Neutron Radiation.
- ICRP report 51. Data for Using Protection Against External Radiation.
- ICRP Publication 60. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP, 21 (1-3) 1991.
- ICRP report 61.
- ICRP Publication 68. Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers. Annals of the ICRP, 24 (4) 1994.
- ICRP Publication 74. Dose Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation. Annals of the ICRP, 26 (3-4) 1996.
- NCRP report 151. Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities; 2005.
- IAEA Safety Report Series No 47, Radiation Protection In The Design Of Radiotherapy Facilities; 2006.
- Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación. Colección Seguridad No. 115. Organismo Internacional de Energía Atómica, Viena, 1997. Actualización 2013.
- Norma básica de seguridad radiológica. AR 10.1.1. Autoridad Regulatoria Nuclear, 1995.
- Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy; IAEA Safety Reports Series No. 17, 2000.

## Módulo Seis

## Protección radiológica y seguridad II

Programa de Residencia de Física Médica

---

### Objetivos:

- . Aprender los conceptos fundamentales de la protección radiológica y seguridad.
- . Aprender de los accidentes ocurridos a nivel mundial.

---

### Cátedra:

Lic. Graciela R. Velez; M.Sc. Física Médica Ricardo Ruggeri;  
Lic. Liliana Mairal.

---

### Lugar:

Fundación Médica de Río Negro y Neuquén - Cipolletti.

---

### Crédito

128 hs totales durante 4 meses (8 hs. Semanales)

---

### Forma de evaluación de la materia

Examen final escrito

---

1	Introducción. Objetivos y marco de la materia. Contenidos.
2	Dosimetría de la contaminación interna: Modelos metabólicos. Compartimiento inorgánico, tiroideo y orgánico. Excreción urinaria. Procesos metabólicos. Vías de entrada. Inhalación. Ingestión. Incorporación por piel. Metodología de cálculo. Incorporación (intake). Incorporación sistémica (uptake). Depósito, retención, eliminación y excreción. Dosis equivalente comprometida. Cálculo de la actividad integrada. Cálculo de la energía específica efectiva. Modelo pulmonar. Modelo para el tracto gastrointestinal. Vías de excreción para la actividad sistémica. Límite anual de incorporación (ALI). Límite derivado de concentración en aire (DAC). Problemas.
3	Monitoreo de la contaminación interna: Magnitudes dosimétricas. Programa de monitoreo. Necesidad del monitoreo. Diseño de un programa rutinario de monitoreo. Métodos de medición. Medición directa de la radiactividad del cuerpo. Análisis de excretas y de otras muestras biológicas. Frecuencia del monitoreo. Niveles de referencia. Nivel de investigación. Nivel de registro. Niveles derivados. Medición indirecta Mediciones de aire. Evaluación de la dosis. Criterios sugeridos para el monitoreo individual.
4	Sistemas de protección para la radiación externa: Reducción del tiempo de exposición. Reducción de la tasa de dosis. Reducción de la actividad de la fuente. Decaimiento radiactivo. Remoción de material radiactivo de la fuente. Aumento de la distancia fuente-punto de interés. Blindaje. Partículas alfa. Blindaje de partículas beta. Blindaje de radiación indirectamente ionizante (fotones y neutrones). Atenuación de la radiación gamma en la materia. Cálculo de blindajes para la radiación gamma. Constante específica gamma. Factor de transmisión. Materiales de blindaje para fotones y neutrones. Caracterización de las propiedades atenuadoras de los materiales. Factor geométrico. Factor de acumulación (build-up). Fórmulas empíricas para calcular el factor de acumulación. Cálculo de blindajes para radiación beta. Bremsstrahlung. Cálculo de blindajes para radiación neutrónica. Atenuación de los neutrones. Conductos y huecos en los blindajes. Optimización de blindajes. Desarrollo de un caso sencillo.
5	Legislación y reglamentación: Recomendaciones internacionales del ICRP y del OIEA, reglamentos nacionales de Protección Radiológica. Normas nacionales, formatos para solicitud de licencias y entrega de reportes. Control Regulatorio. Consensos internacionales y estándares de seguridad. Normas Básicas de Seguridad y Protección Radiológica (BSS). Tipos de exposiciones a la radiación. Regulaciones nacionales y Aspectos regulatorios de la Autoridad Regulatoria Nuclear (A.R.N.): Norma AR 10.1.1 (Norma Básica de Seguridad Radiológica), Norma AR 8.11.3 (Permisos individuales para especialistas y técnicos en física de la radioterapia) y requisitos para la obtención de Permisos Individuales para los propósitos Especialista en Física de la Radioterapia y Especialista Físico en Medicina Nuclear. Responsabilidades en la implementación de las BSS. Protección del público. Conceptos básicos. Seguridad en el diseño de los equipamientos y fuentes de radiación. Planes de emergencia. Cultura de la seguridad. Nociones de normas para el transporte de material radiactivo. Gestión de residuos radiactivos. Disposición final.

6

Accidentes en Radioterapia. Lecciones aprendidas. Concepto de accidente e incidente en radioterapia. Historia de los accidentes de mayor impacto en el mundo. Consecuencias clínicas de los accidentes. Factores que contribuyen a causar accidentes en radioterapia. Recomendaciones para prevenir accidentes.

### Bibliografía /

- Fundamentos de Física Médica, Vol. 7 "Protección Radiológica Hospitalaria"; SEFM 2012.
- NCRP report 38. Protection Against Neutron Radiation.
- NCRP report 151. Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities; 2005.
- IAEA Safety Report Series No 47, Radiation Protection In The Design Of Radiotherapy Facilities; 2006.
- ICRP report 51. Data for Using Protection Against External Radiation.
- ICRP Publication 60. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP, 21 (1-3) 1991.
- ICRP report 61.
- ICRP Publication 68. Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers. Annals of the ICRP, 24 (4) 1994.
- ICRP Publication 74. Dose Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation. Annals of the ICRP, 26 (3-4) 1996.
- Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación. Colección Seguridad No. 115. Organismo Internacional de Energía Atómica, Viena, 1997. Actualización 2013.
- Norma básica de seguridad radiológica. AR 10.1.1. Autoridad Regulatoria Nuclear, 1995.
- Norma AR 8.11.3. Permisos individuales para especialistas y técnicos en física de la radioterapia. Autoridad Regulatoria Nuclear.
- Requisitos para la obtención de Permisos Individuales para los propósitos Especialista en Física de la Radioterapia y Especialista Físico en Medicina Nuclear. Autoridad Regulatoria Nuclear.
- Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy; IAEA Safety Reports Series No. 17, 2000.

## Módulo Siete

## Instrumentación para dosimetría

Programa de Residencia de Física Médica

### Objetivos:

- . Adquirir los conocimientos de las características y funcionamiento de los detectores de radiación más utilizados en el ámbito de las aplicaciones médicas.
- . Reconocer los detectores aptos para monitoreo ambiental y personal.

### Cátedra:

Lic. Liliana Mairal, Lic. Graciela R. Vélez

### Lugar:

Fundación Médica de Río Negro y Neuquén - Cipolletti.

### Crédito

32 hs totales durante 2 meses (4 hs. Semanales)

### Forma de evaluación de la materia

Examen final escrito

1	Introducción. Objetivos y marco de la materia. Contenidos.
2	Cámaras de ionización. Características básicas de una cámara, cámara de ionización estándar, en aire libre, cámara de ionización de cavidad (dedal), cámara de extrapolación, cámara pin point, cámaras plano-paralelas, cámara pozo y activímetros. Medidas diferenciales e integrales (carga) de la corriente, saturación, recombinación y pérdida por difusión. Controles de pérdidas y estabilidad.
3	Dosimetría con dosímetros relativos. Tipos de dosímetros y sus características, definiciones de cantidades y unidades dosimétricas según el ICRU, técnicas dosimétricas absolutas y relativas, interpretación de las lecturas de un dosímetro, calorímetros: principios y técnicas, dosímetros químicos (Fricke): principios, valor G y técnicas, dosimetría termoluminiscente, dosimetría con películas, diodos, luminiscencia ópticamente estimulada (OSL), dosímetros de gel.
4	Dosimetría con detectores de modo pulsado. Contadores Geiger Muller y contadores proporcionales, dosimetría con centelleadores, medidores portátiles de radiación ambiental, detectores de neutrones.
5	Instrumentación con fines de protección radiológica. Dosímetros operacionales. Medición de la tasa de dosis absorbida, la tasa de dosis equivalente personal y la tasa de dosis equivalente ambiental. Cámaras de ionización. Contadores proporcionales. Tubos Geiger-Müller. Detectores de centelleo sólido y centelleo líquido. Detectores semiconductores. Detectores termoluminiscentes (TLD), de película y OSL. Detectores para la medición de la contaminación superficial. Sistemas de determinación de la incorporación de radionucleídos.
6	Laboratorios. a) Preparación y empleo de los instrumentos portátiles utilizados en Protección Radiológica. b) Verificación y control de monitores de área. c) Monitoraje de la radiación externa en los distintos Servicios de FUNMED (radiación gamma). d) Monitoraje de la contaminación en el Servicio de Medicina Nuclear (radiación gamma y partículas). e) Uso y verificación de dosímetros personales (films, TLD, lapiceras y minidosímetros)

- 
- Podgorsak, E.B. ed, Radiation Oncology Physics: a Handbook for Teachers and students. IAEA 2003.
  - Martin, James.A. Physics of Radiation Protection. Wiley © 2006.
  - Fundamentos de Física Médica, vol 7; Protección Radiológica hospitalaria; SEFM – UNIA; 2010.
  - Glenn Knoll; Radiation Detection and Measurement; 3 ed., Wiley & sons.
-

## Módulo Ocho

## Control de calidad en imágenes médicas

Programa de Residencia de Física Médica

### Objetivos:

- . Aprender en forma teórico-práctica las características principales de las imágenes médicas, los principios básicos de su generación, y su análisis para uso en medicina.
- . Aprender e interpretar los protocolos internacionales de control de calidad de equipos de imágenes médicas.
- . Aprender a diseñar un programa de garantía de calidad adaptable a las necesidades de cada servicio.

### Cátedra:

M.Sc. Física Médica Ricardo Ruggeri,  
Ing.Biom. Alejandro Kollmann.

### Lugar:

Fundación Médica de Río Negro y Neuquén - Cipolletti.

### Crédito

128 hs totales durante 4 meses (4 hs. Semanales)

### Forma de evaluación de la materia

Informes de Trabajos Prácticos y examen final escrito

1	Introducción. Objetivos y marco de la materia. Contenidos.
2	Características de la radiación para imágenes médicas. Introducción. Características de la visión y percepción. Tipologías de las imágenes. Rol del Físico Médico en el área de imágenes médicas. Análisis de las características físicas de las imágenes. Visualización.
3	Generación de imágenes médicas. Radiografía convencional, digital indirecta y directa. Fluoroscopia. Mamografía convencional, digital indirecta y directa. Reconstrucción de imágenes tomográficas a partir de proyecciones, tomosíntesis y cone beam CT. Tomografía computada, axial, helicoidal multicorte. Resonancia Magnética Nuclear. Cámara Gamma y sistemas SPECT-CT y PET-CT. Ultrasonido.
4	Procesamiento de imágenes médicas. Dominio espacial y frecuencial. Filtrado y restauración. Convolución y correlación. Transformada de Fourier discreta y rápida. Propiedades del muestreo. Aliasing y ruido. Registración.
5	Metodología para el Control de Calidad en imágenes médicas. Indicadores de calidad de imagen. Indicadores de dosis. Protocolos internacionales de control de calidad. Test de aceptación de equipos generadores de imágenes médicas. Fantomas para evaluar la calidad de imagen. Características de los conjuntos dosimétricos.
6	Programa de Aseguramiento de la Calidad. Manuales de Normas. Procesos, procedimientos, protocolos e instrucciones. Niveles de referencia en diagnóstico. Diseño de un plan de medición. Diseño de un programa de aseguramiento de la calidad para cada servicio y la institución.

- European Commission, 2002; Radiation criteria for acceptability of medical radiological equipment used in diagnostic radiology, nuclear medicine and radiotherapy.
- SBD TU/e, EUR 16262. 2011; European guidelines on quality criteria for computed tomography.
- AAPM report N° 96. 2008; The measurement, reporting, and management of radiation dose in CT.
- IAEA, 2006; Control de calidad en mamografía.
- IAEA, 2006; Control de calidad de equipos de radiografía.
- Fundamentos de Física Médica, Vol. 2 "Radiodiagnóstico: bases físicas, equipos y control de calidad"; 2012 Universidad Internacional de Andalucía (UIA).
- IAEA, 2013; Capacitación Clínica de Físicos Médicos Especialistas en Radiodiagnóstico, Colección Cursos de Capacitación, No 47, OIEA, Viena (2009 eng, 2013 esp). [http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TCS-47s\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TCS-47s_web.pdf)
- IAEA, 2010; El físico médico: Criterios y recomendaciones para su formación académica, entrenamiento clínico y certificación en América Latina, Colección de Salud Humana del OIEA – Human Health N° 1, OIEA, Viena (2010). [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1424\\_S\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1424_S_web.pdf).

## Módulo Nueve

# Introducción a imágenes moleculares

Programa de Residencia de Física Médica

### Objetivos:

- . Aprender la física involucrada en la creación de las imágenes moleculares.
- . Aprender e interpretar diversas imágenes moleculares de pacientes ante diversas condiciones de adquisición.

### Cátedra:

Lic. Sergio Mosconi, M.Sc. Física Médica Ricardo Ruggeri

### Lugar:

Fundación Médica de Río Negro y Neuquén - Cipolletti.

### Crédito

64 hs totales durante 4 meses (4 hs. Semanales)

### Forma de evaluación de la materia

Exámenes parciales y examen final escrito

1	Introducción. Objetivos y marco de la materia. Contenidos.
2	Radiactividad. Isótopos. Producción de radionucleidos. Reactores nucleares, ciclotrón. Generadores de <sup>99m</sup> Tc. Período de semidesintegración. Vida media. Unidades de actividad. Cálculo de la actividad de una fuente en función del tiempo. Métodos gráficos. Utilización de tablas. Concentración de actividad. Actividad específica. Eficiencia de la medición
3	Trazadores y radiofármacos. Propiedades del Tecnecio. Radiofármacos de <sup>99m</sup> Tc. Radiofármacos de Yodo. Emisores de positrones. Control de Calidad en tecnecio: marcación de <sup>99m</sup> Tc-Sestamibiy <sup>99m</sup> Tc-MDP, molibdeno en eluido. Control de Calidad en FDG.
4	Detección y medición de las radiaciones. Fundamento de los detectores gaseosos. Cámara de Ionización. Contadores proporcionales. Detectores Geiger Müller. Calibradores de dosis de radionucleidos (Activímetros). Detectores de centelleo: sólidos y líquidos. Dosímetros personales. Principales características de cada uno. Calibración de dosímetros.
5	Instrumentación utilizada en medicina nuclear. Cámara de centelleo: Principios básicos. Componentes. Colimadores convergentes y divergentes. Pinhole. Criterios de elección de colimadores. Sensibilidad y resolución. Tomografía computada por emisión de fotón único (SPECT): Principios básicos, Procesamiento de datos. Tomografía computada por emisión de positrones (PET): Aspectos generales, detección en coincidencia. Procesamiento de imágenes: Retroproyección. Retroproyección filtrada, teoría de Fourier, filtros, frecuencia de corte, frecuencia de Nyquist. Métodos iterativos de reconstrucción. Reconstrucción 3D. Segmentación de imágenes. Métodos de correlación de imágenes. Corrección de atenuación y scattering. Efecto de volumen parcial. Equipos híbridos: SPECT/CT, PET/CT, PET/RMN.
6	Control de Calidad. Control de calidad de calibradores de dosis y contadores de pozo. Control de calidad de cámaras planares. Control de calidad de cámaras tomográficas. Control de calidad en PET. Manual de calidad en cámara gamma. Manual de calidad en Tomografía por Emisión de Positrones. Listado de procesos. Registros.
7	Dosimetría de fuentes internas y externas. Conceptos básicos. Definición de dosis y tasa de dosis. Unidades SI. Definición de exposición y tasa de exposición. Unidades. Biodistribución de radiofármacos. Introducción a la metodología MIRD. Ecuaciones principales. Sistema RADAR. Cálculo de tasa dosis absorbida. Uso de tablas. Introducción de actividad acumulada. Dosis promedio por unidad de actividad acumulada, factor S. Determinación del área bajo la curva. Ajuste exponencial. Regresión. Modelos compartimentales. Consideraciones prácticas y técnicas. Dosimetría de medula ósea: introducción, complejidad de la dosimetría de medula ósea y el hueso. Calculo de la actividad integrada en medula ósea. Factores de conversión de dosis para medula ósea. Dosimetría en medula ósea específica del paciente. Correlación de la dosis con los efectos. Revisión de los modelos existentes. Uso de recursos de sitios web y aplicación de software de cálculo. Recursos para la Dosimetría Interna: Introducción. Libros específicos. Software de cálculos de dosis. Software de modelaje biocinética.

8	Sistema MIRD. Limitaciones de la metodología MIRD. Aproximaciones al resto del cuerpo. Adaptación del esquema MIRD a la dosimetría específica para el paciente. Implementación en dosimetría interna: adquisición de datos, modelos biocinéticos y metodología de cálculo. Recursos MIRD: pamphlets y reports.
9	Dosimetría específica del paciente basada en imágenes: alcances y limitaciones de la instrumentación para la dosimetría basada en imágenes. Experiencia del grupo DIMN. Protocolos de trabajo. El rol de las simulaciones con el método Monte Carlo en dosimetría. Fantomas corporales voxelizados. Tratamiento de imágenes de pacientes para la dosimetría interna.
10	Fantomas antropomórficos. Introducción. Fantomas físicos estandarizados. Evolución de los fantomas. Necesidad de fantomas específicos. Modelo del cuerpo humano. Modelos de órganos MIRD: cabeza y cerebro, glándula prostática, cavidad peritoneal, esferas de densidad unitaria y su aplicación, tumores y órganos pequeños. Adaptabilidad de los fantomas a las características individuales.
11	Aplicaciones clínicas Centellograma óseo, centellograma con Ga-67, ventilación y perfusión pulmonar, Centellograma renal, reflujo gastroesofágico, linfografía, flebografía, captación tiroidea, barrido corporal con I-131. Estudio de perfusión miocárdica con 99mTc-Sestamibi. Viabilidad miocárdica con 18F-FDG. Ventriculograma gatillado de reposo y esfuerzo. Barridos corporales con 18F-FDG. Estudios cerebrales con 18F-FDG. Radiofármacos en terapia. Propiedades de los radiofármacos terapéuticos. Terapia Tumoral. Terapia paliativa del dolor.
12	Radioprotección en Medicina Nuclear: Objetivos de la protección radiológica. Conceptos de riesgo y detrimento. El Sistema de Protección Radiológica: Justificación de la Práctica, optimización de la protección y límites individuales de dosis y de riesgo. Recomendaciones ALARA. Clasificación de áreas de trabajo. Control de Exposición Ocupacional: restricciones de dosis, límite de dosis. Límites primarios, secundarios y derivados. Límite anual de incorporación (ALI). Concentración Derivada en Aire (DAC). Control radiológico de áreas de trabajo (fuentes selladas y fuentes abiertas): detectores portátiles y fijos. Sweep-test. Contaminación del aire. Medidas de Protección Radiológica en Medicina Nuclear. Protección Radiológica en el almacenamiento, fraccionamiento, tratamiento y eliminación de residuos radioactivos. Exposiciones potenciales. Procedimientos de emergencia ante accidentes en el que intervengan radionucleidos. Comunicación a la Autoridad Regulatoria Nuclear. Descontaminación y desincorporación de sustancias radiactivas. Gestión de residuos radiactivos. Criterios de seguridad radiológica en la gestión de residuos radioactivos. Alternativas de gestión y disposición final. Aspectos regulatorios en la gestión de residuos radiactivos. Transporte seguro de material radiactivo. Reglamentos, propósitos y aplicación. Embalajes. Actividades límites. Índice de transporte. Diseño de las Instalaciones radiactivas en Medicina Nuclear: áreas de trabajo, cálculo de blindajes.

- H. Wagner, Z. Szabo, J. Buchanan. W. B. Saunders Company, 1995; Principles of Nuclear Medicine.
- R. Chandra. William & Wilkins, 1998; Nuclear Medicine Physics: the basics.
- CHERRY, S.R., SORENSON, J.A., PHELPS, M.E., Physics in Nuclear Medicine, Saunders, Los Angeles, CA (2003).
- M.P. Sandler, J.A. Paton, R.E. Coleman, A. Gottschalk, F.J. Wackers y P.B. Hoffer, Williams & Wilkins, 1996 ; Diagnostic Nuclear Medicine.
- BAILEY, D.L., TOWNSEND, D.W., VALK, P.E., MAISEY, M.N., Positron Emission Tomography: Basic Sciences, Springer, London (2005).
- D.L. Bailey, J.L. Humm, A. Todd-Pokropek, A. van Aswegen. Nuclear Medicine Physics: A Handbook for Teachers and Students. IAEA, 2104.
- B. Bendreim, D. Townsend. Kluwer Academic Publishers, 1998; The theory and Practice of 3D PET.
- Autoridad Regulatoria Nuclear. 2000; Radioprotección en las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes.
- Madsen et al.: AAPM Task Group 108: PET and PET/CT Shielding, Medical Physics, Vol. 33, No. 1, January 2006.
- Metodología MIRD. Lic. Ana María ROJO Lic. Inés GÓMEZ PARADA. ARN Gerencia de Apoyo Científico
- White et al.: ICRU REPORT 48: Phantoms and Computational Models in Therapy, Diagnosis and Protection, June 1992.
- Bailey et al.: IAEA Nuclear Medicine Physics: A Handbook for Teachers and Students, 2014.
- The Practice of Internal Dosimetry in Nuclear Medicine. Michael G. Stabin, 2016.
- Nuclear Medicine Radiation Dosimetry: Advanced Theoretical Principles. Brian J McParland, 2010.
- George Sgouros, "Bone Marrow Dosimetry for Radioimmunotherapy: Theoretical Considerations", The Journal of Nuclear Medicine, Vol 34, p. 689 – 694, 1993.

## Módulo Diez

## Radioterapia

Programa de Residencia de Física Médica

### Objetivos:

- . Adquirir los conocimientos y manejo de las herramientas de la física aplicada al uso de radiaciones ionizantes en radioterapia.
- . Aprender y asimilar los aspectos clínicos de un Servicio de Radioterapia en el que se trabaja interdisciplinariamente. Reconocer todos los componentes del proceso del Servicio e interpretar cada procedimiento y/o protocolo.
- . Conocer las normativas, regulaciones y recomendaciones nacionales e internacionales de un Programa de Garantía de Calidad en Radioterapia.

### Cátedra:

Lic. Liliana Mairal, Lic. Graciela R. Vélez; M.Sc. FM Ricardo Ruggeri

### Lugar:

Fundación Médica de Río Negro y Neuquén - Cipolletti.

### Crédito

160 hs totales durante 4 meses (10 hs. Semanales)

### Forma de evaluación de la materia

Exámenes parciales y examen final escrito

1	Introducción. Objetivos y marco de la materia. Contenidos.
2	Reseña histórica de la radioterapia. Objetivos de la radioterapia. Métodos: teleterapia, braquiterapia y radioterapia con fuentes abiertas. Exactitud y precisión en radioterapia. Generalidades de la garantía de calidad en radioterapia. El rol del físico médico.
3	Máquinas para radioterapia. Principios físicos y mecánicos de funcionamiento, diagrama en bloques: aceleradores lineales de electrones mono-energéticos y duales, aceleradores, unidades de Co-60, aceleradores lineales de partículas pesadas cargadas (hadronterapia: protonterapia, terapia con iones de Carbono...); simuladores convencionales y simuladores virtuales basados en CT y en RMN; equipos de braquiterapia de alta tasa de dosis.
4	Dosimetría clínica para haces de fotones. Distribuciones de dosis y análisis dosimétrico en medios homogéneos. Calidad de haz. Dosimetría absoluta. Utilización de protocolos de calibración (IAEA-TRS 398). Distribuciones de dosis en profundidad. Cantidades utilizadas para cálculo de dosis: porcentaje de dosis en profundidad (PDD), relación tejido aire (TAR), relación tejido fantoma (TPR), funciones asociadas de dispersión en fantoma. Factor del colimador. Relación entre las diversas cantidades. Factores modificadores de haz: bloques, cuñas, compensadores, moduladores, bolus. Sistemas de cálculo dosimétrico. Sistema isocéntrico y de distancia fuente superficie fija. Pasaje de un sistema a otro. Dosimetría de campos irregulares. Campos asimétricos. Dosimetría en puntos fuera del eje del haz, fuera del campo y debajo de bloques de protección. Corrección por heterogeneidades y superficies irregulares. Métodos. Dosimetría en interfaces y en zona de build-up. Contaminación electrónica. Colimadores multi-hojas. Filtros aplanadores y sistemas con modo especial FFF.
5	Dosimetría clínica para haces de electrones. Características de los haces clínicos de electrones. Dosimetría absoluta. Utilización de protocolos de calibración (IAEA-TRS 398). Distribuciones de dosis en profundidad, alcance terapéutico y rangos de interés. Curvas de isodosis. Contaminación con rayos x. Factores de cono/aplicadores, factores a considerar por uso de insertos (conformación de campos). Criterios para selección de energías de tratamiento. Correcciones por distancia y gap de aire. Uso de bolus. Heterogeneidades en tejido.
6	Planificación de tratamientos en radioterapia externa. Etapas de planificación. Especificación de dosis tumor. ICRU 50, 62, 71 y 83. Volumen blanco. Volumen de tratamiento. Volumen irradiado. Dosis máximas, mínimas, modales y medias. Puntos calientes. Órganos de riesgo. Reporte de dosis. Histogramas dosis-volumen. Sistemas de inmovilización y posicionamiento del paciente basados en los diferentes tipos de tratamientos. Planificación 3D, IMRT (step and shoot y dinámica) y VMAT. Mapas de isodosis y parámetros que los modifican. Nociones de planificación directa (3D e IMRT de campos segmentados). Nociones de planificación inversa (IMRT inversa con MLC o moduladores y VMAT).

- 
- 7** Nociones de técnicas especiales de tratamiento. Radioterapia guiada por imágenes (IGRT: cone beam CT, marcadores fiduciales); técnicas para control respiratorio (gating); radiocirugía estereotáctica (SRS); radioterapia corpórea estereotáctica (SBRT); irradiación corporal total (TBI); irradiación total de piel con electrones (TSEI); radioterapia intraoperatoria (IORT); radioterapia adaptativa.
- 
- 8** Braquiterapia. Fuentes radioactivas selladas para uso clínico: Cesio 137, Cobalto 60, Iridio 192, Yodo 125 y Paladio 103. Calibración de fuentes de braquiterapia. Mediciones en aire y en cámaras pozo. Especificación en términos de Kerma. Actividad real y aparente. Certificados de fabricante. Cálculo de distribuciones de dosis. Efectos del cuadrado de la distancia, atenuación y dispersión en el tejido. Método modular de cálculo para fuentes anisotrópicas. Análisis del protocolo TG43 de AAPM. Sistemas de cálculo. Prescripción y reporte de dosis. Terapia intersticial: Sistemas Paris y Paterson Parker. Fuentes lineales. Implantes planos y volumétricos. Dosimetría de implantes de semillas. Terapia intracavitaria: Implantes ginecológicos. Técnica de Manchester. ICRU 38 y 89. Dosis Biológica Efectiva (DBE) y planificación con alta tasa de dosis. Sistema de carga directa y carga diferida. Técnicas de carga diferida manual y remota. Especificación de dosis y reporte. Moldes y aplicadores. Localización de fuentes. Procedimientos de cálculo y verificación. Radiografías ortogonales. Sistemas de cálculo computarizados. Máquinas de braquiterapia de Alta tasa de dosis: alternativas Ir192 vs Co60. Manejo, inventario activo y pasivo, almacenamiento y transporte de fuentes. Control de calidad de fuentes y aplicadores. Uniformidad y simetría de las fuentes. Barreras. Planes de emergencia. Manipuleo de fuentes radiactivas y de elementos contaminados. Verificación del sellado de fuentes radiactivas, método e instrumental necesario. Wipe tests. Nociones de normas para el transporte de material radiactivo.
- 
- 9** Puesta en Servicio Clínico de una máquina de alta energía. Aceptación, controles mecánicos, dosimétricos y de seguridad. Relevamiento dosimétrico de referencia (relativo y absoluto). Corroboración del modelado de la máquina de referencia en un sistema de planificación de tratamientos: aplicación de los protocolos IAEA-TRS 430 y 1583. Diseño de un programa de Control de Calidad (IAEA TecDoc 1151 y su actualización). Requisitos regulatorios.
- 
- 10** Garantía de calidad (GC) en radioterapia. Objetivos de un programa de garantía de calidad. Roles y responsabilidades del personal. Especificaciones del equipamiento. Controles de calidad (CC) mecánicos, dosimétricos y de seguridad (teleterapia, braquiterapia y simulación). Periodicidad de los controles. Tolerancia y niveles de acción. Registro de fallas. Diseño de un programa CC en tratamientos clínicos de braquiterapia y teleterapia (revisiones de historias clínicas, verificación de posicionamiento de pacientes, control de calidad paciente específico, registro y verificación en sistemas informáticos,...etc). TG 45 AAPM. Planificación de emergencias en un servicio de radioterapia. Simulacros. Línea de autoridad. Vigilancia ambiental e individual. Control radiológico de áreas de trabajo (fuentes selladas y fuentes abiertas). Detectores portátiles y fijos.
-

11

Marco regulatorio. Normas internacionales y nacionales de protección radiológica: ICRP-103 (2007). AR 10-0.0. Normas argentinas para la operación de equipos de teleterapia y braquiterapia: AR 8.2.1, AR 8.2.2 y AR 8.2.3. Normas para el uso de radioisótopos en medicina: Resolución C.N.E.A. No 1790/76. Calidad aplicada a la protección radiológica. Alcances del sistema de calidad que exigen las Normas de la ARN. Control de exposiciones médicas y protección del paciente. Cultura de la Seguridad. Responsabilidades del titular de la licencia y del responsable por la seguridad radiológica. Normativa actualizada. Instrucciones para solicitar permisos individuales, poniéndose énfasis en la comunicación de inicio de prácticas y características que debe reunir el preceptor. Análisis de situaciones incidentales y accidentales. Lecciones aprendidas. Sistema actual de licenciamiento. Requerimientos para instalaciones Clase II y Clase III. Control de exposiciones en radioterapia.

### Bibliografía /

- Faiz M. Khan. 2014. The Physics of Radiation Therapy. Fifth Edition. Williams & Wilkins.
- H. E. Johns and J. R. Cunningham. 1983. The Physics of Radiology. Fourth edition. Charles C. Thomas.
- J. R. Williams and D. I. Thwaites. 1993. Radiotherapy Physics. Oxford University Press.
- F. H. Attix. 1986. Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry. John Wiley and Sons.
- S. Webbs. 1993. The Physics of Three Dimensional Radiation Therapy: Conformal Radiotherapy, Radiosurgery and Treatment Planning. Institute of Physics Publishing Bristol and Philadelphia.
- Slavik Tabakov et al, 2013; Encyclopaedia of Medical Physics, vol I & II.
- Reportes técnicos del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y Asociación Americana de Física Médica (AAPM).
- Handbook of treatment planning in radiation oncology / editors, Gregory M.M. Videtic, Neil Woody; associate editor, Andrew D. Vassil. -- Second edition – 2015.
- Fundamentos de Física Médica; SEFM, Editor de la colección: Antonio Brosed Serreta, Universidad Internacional de Andalucía (UIA), colección de 7 volúmenes - 2013.
- ICRU publicaciones: 50, 60, 71, 83; 38 y 89.