

PROGRAMA DE CURSO DE POSGRADO

TÍTULO: Curso de Dosimetría en Radioterapia	
AÑO: 2018	CUATRIMESTRE: 1º
CARGA HORARIA: 226 horas	
DESTINATARIOS: Físicos, Ingenieros, Licenciados en Bioimágenes, Médicos	
DOCENTE ENCARGADO: Gustavo Castellano	

FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS

Este curso ha sido oportunamente aprobado por la Autoridad Regulatoria Nuclear , y ha sido entonces reconocido como uno de los requisitos que se exige a médicos para obtener su permiso individual para el empleo de material radiactivo o radiaciones ionizantes en seres humanos, y a técnicos para obtener su licencia como “Técnico en Física de la Radioterapia”. El curso también está dirigido a físicos, ingenieros, o egresados de carreras afines que deseen orientar el desarrollo de su profesión a la física de la radioterapia.

CONTENIDO

1. Repaso de conceptos matemáticos y unidades físicas

Ecuaciones lineales. Representación gráfica de la recta. Función exponencial. Logaritmos. Representación en escala logarítmica. Porcentajes. Interpolación lineal. Unidades de tiempo. Unidades eléctricas, de masa y longitud. Unidades de energía. Sistema internacional de unidades.

2. Conceptos básicos de física atómica

Principios de física nuclear, el núcleo atómico, composición, estructura. Radiactividad, Leyes de la desintegración radiactiva. Constante de desintegración. Vida media. Período de semidesintegración. Actividad. Definición. Unidades. Radiactividad natural. Series radiactivas. Equilibrios. Tabla de Nucleídos. Isotopía. Fuentes artificiales de radiación.

3. Interacción de la radiación con la materia

Interacción de la radiación electromagnética con la materia. Efectos fotoeléctrico, Compton y formación de pares. Coeficientes de atenuación y absorción. Descripción de haces de fotones. Atenuación de haces de fotones. Coeficiente de atenuación lineal. Coeficiente de atenuación másica. Energía transferida y energía absorbida. Importancia relativa de los diferentes tipos de interacciones.

Interacción de partículas livianas cargadas, pesadas cargadas y pesadas no cargadas con la materia. Ionización específica. Pérdida de energía por colisión y por radiación. Dispersión. Alcance en distintos medios.

4. 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 sobrevivencia. Su uso para el estudio de EBR, 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.

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.

Clasificación y caracterización de tumores. Complicaciones clínicas más frecuentes en los tratamientos.

Dosimetría biológica. Concepto de indicadores y dosímetros biológicos: biofísicos, bioquímicos, citogenéticos. La dosimetría biológica en distintos escenarios de sobreexposición y evaluación: individual y a gran escala, a todo el cuerpo y localizada, inmediata y retrospectiva.

Bases radiobiológicas del fraccionamiento. Modelo α/β . Tejidos con respuesta temprana y tardía. Híper e hipofraccionamiento. Equivalencia entre distintos fraccionamientos.

Complicaciones clínicas más frecuentes en los tratamientos.

5. Conceptos dosimétricos

Concepto físico de kerma y dosis. Transferencia de energía de un haz de radiaciones al medio irradiado. Equilibrio electrónico. Dosis absorbida. Definición y unidades. Relación entre kerma, exposición y dosis absorbida.

Constante específica gamma. Determinación de tasa de dosis y tasa de kerma para fuentes puntuales gamma, beta, alfa y neutrones. Cálculo de dosis acumulada. Caso particular de radionucleidos de vida media corta.

Magnitudes de aplicación en protección radiológica y sus unidades: Dosis absorbida, dosis equivalente y dosis efectiva. Magnitudes operacionales: dosis equivalente personal y dosis equivalente ambiental.

Dosimetría de la contaminación interna. Período físico y biológico. Sistema de cálculo en dosimetría interna ocupacional. Concentración derivada en aire. Límite anual de incorporación para trabajadores y público.

6. Producción de rayos x y propiedades de equipos de rayos x

Equipos y propiedades de los rayos x. Tubos de rayos x. Espectros de rayos x: radiación de frenado, rayos x característicos. Distribución angular. Calidad de la radiación. Capa hemirreductora. Filtros. Energía efectiva. Variación de la calidad al modificar el filtro y la tensión aplicada al tubo de rayos x. Variación en la distribución de dosis en el paciente al modificarse el filtro, la tensión, la intensidad de corriente y la distancia del foco a la superficie. Radiación secundaria.

Equipos de rayos x para terapia: terapia superficial y ortovoltaje o terapia en profundidad.

7. Equipos de alta energía

Características generales. Definición de isocentro, tamaño de campo, sistema óptico, ángulos de colimador y de brazo (gantry).

Equipos para terapia con fuentes selladas. Características de las fuentes de Co-60. Diseño de colimadores. Penumbra física y penumbra geométrica.

Equipos para terapia con rayos x. Aceleradores lineales de electrones. Características de los



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba



FAMAF

Facultad de Matemática,
Astronomía y Física

haces de fotones y electrones. Principales componentes de un acelerador. Filtro aplanador. Láminas dispersoras para haces de electrones. Determinación de la energía. Colimadores. Colimadores multilámina.

Comparación de equipos de Co-60 y aceleradores, ventajas y desventajas.

8. Dosimetría de fuentes empleadas en braquiterapia

Características de las fuentes empleadas en braquiterapia. Cálculo de dosis con fuentes lineales. Empleo de radiografías. Planificación de tratamientos en aplicaciones intracavitarias, intersticiales y moldes. Equipos de alta tasa de dosis. Comparación de equipos de baja y alta tasa de dosis.

9. Instrumentación para dosimetría

Medición de las radiaciones ionizantes. Cámara de ionización de aire libre. Cámara dedal. Principios de funcionamiento, características, performances. Electrómetros. Cámaras plano-paralelas. Diodos semiconductores. Cámara pozo para braquiterapia. Eficiencia de colección. Saturación. Influencia de las condiciones ambientales. Dosimetría filmica radiográfica y radiocrómica. Equipa-mientos de dosimetría in vivo. Sistemas automáticos de barrido de haces. Equipamiento dosimétrico para control de calidad. Equipos dosimétricos para IMRT y radiocirugía.

Instrumentación con fines de protección radiológica: 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.

10. Planificación de tratamientos en terapia estática y cinética

Definición de volumen blanco, volumen de tratamiento y volumen irradiado. Puntos calientes (hot-spots). ICRU50, ICRU 62, ICRU 83.

Simulación y verificación de tratamientos. Importancia de la Inmovilización.

Distancia-fuente-superficie fija e isocentro.

Concepto físico y definición de las funciones de radioterapia: PDD, TAR, PSF, TMR, TPR, OF. Variación de las mismas con el tamaño de campo, DFS, energía y profundidad.

Filtros en cuña. Compensadores. Curvas de isodosis para haces de fotones. Variación de las mismas con la energía. Planificación de tratamientos para campos opuestos y paralelos y campos oblicuos.

Contaminación electrónica en haces de fotones.

Curvas de isodosis para haces de electrones. Rango terapéutico para haces de electrones.

Corrección por presencia de heterogeneidades.

Corrección por superficie irregular. Nociones de campos conformados.

Fraccionamiento de la dosis.

11. Protección radiológica

Sistema Internacional de Protección Radiológica. Principios de la PR: justificación, optimización de la protección y limitación de dosis.

Restricciones de dosis y niveles de referencia.

Situaciones de exposición: planificadas, existentes, de emergencia. Exposiciones potenciales. Tipos de exposición: ocupacional, del público, médica.

Protección Radiológica operativa: tiempo, distancia y blindaje.

Cálculo de blindajes en instalaciones de braquiterapia y de teleterapia. Carga de trabajo y su

consecuencia sobre la protección radiológica. Implicancias de las nuevas tecnologías en los cálculos de blindaje (IMRT).

Protección radiológica ocupacional: Áreas de trabajo: supervisadas y controladas. Señalización, control de accesos. Vigilancia radiológica individual y de área. Capacitación del personal en la instalación. Registros.

Protección radiológica del paciente: Aplicación de los principios de la protección radiológica a la exposición médica. Responsabilidades. Justificación genérica e individual. Optimización de la Exposición Médica. Optimización en el diseño de fuentes, equipos e instalaciones. Normas de diseño de equipos para terapia con fuentes selladas y aceleradores lineales de electrones.

Optimización en la operación: Procedimientos de seguridad radiológica en la operación de instalaciones de braquiterapia y teleterapia. Códigos de práctica. Calibración de equipos de tratamiento. Dosimetría del paciente. Garantía de calidad en la exposición médica. Restricciones de dosis en investigación biomédica. Protección radiológica de la paciente embarazada. Alta de pacientes con implantes permanentes.

Accidentes radiológicos con fuentes médicas: Análisis de casos. Lecciones aprendidas. Emergencias radiológicas. Manejo de personas irradiadas.

Gestión de residuos y transporte de materiales radiactivos: Definición y clasificación general de residuos radiactivos. Prácticas que los generan. Gestión de residuos radiactivos. Residuos de alta, media y baja. Concepto de exención. Gestión de residuos generados en la práctica médica diagnóstica y terapéutica. Reglamentación del transporte de material radiactivo. Embalajes. Índice de transporte. Señalización para el transporte de material radiactivo. Norma AR 10.16.1

12. Garantía de calidad en radioterapia

Garantía de calidad en Radioterapia: Aspectos clínicos y físicos. Protocolos de garantía de calidad en radioterapia (aspectos físicos): IAEA tecdoc 1151. Controles mecánicos y controles de dispositivos de seguridad. Control y verificación de los accesorios de los tratamientos radiantes: cuñas, bloques, plano para mamas, máscaras. Calibración de equipos de terapia radiante. Métodos de calibración. Cadena de medición: Trazabilidad. El laboratorio secundario de estándares. Protocolos para obtener la dosis absorbida en condiciones de referencia y en condiciones distintas a las de referencia. OIEA TRS No.398 . Controles dosimétricos rutinarios. Auditorías. Auditorías QUATRO (OIEA).

13. Marco regulatorio

Sistema de regulación nacional: Autoridad Regulatoria Nuclear; funciones, alcances. Normas regulatorias. Norma básica de seguridad radiológica AR 10.1.1. Requisitos para obtener permisos individuales para el ejercicio de prácticas médicas utilizando radiaciones ionizantes. Normas AR 8.11.1 (Permisos individuales para el empleo de material radiactivo o radiaciones ionizantes en seres humanos), AR 8.11.2 (Requisitos mínimos de formación clínica activa para la obtención de permisos individuales con fines médicos) y 8.11.3 (Permisos individuales para especialistas y técnicos e física de la radioterapia). Requisitos para licenciar instalaciones médicas que utilicen radiaciones ionizantes. Normas AR 8.2.1 (Uso de fuentes selladas en braquiterapia), AR 8.2.2 (Operación de aceleradores lineales de uso médico), AR 8.2.3 (Operación de instalaciones de telecobaltoterapia).

14. Prácticas de ejercitación y experimentación

- a) Ejercicios de matemáticas y unidades físicas.
- b) Problemas de física atómica.
- c) Problemas de dosimetría de fuentes gamma.
- d) Resolución de problemas en braquiterapia.
- e) Resolución de problemas en teleterapia estática y cinética.



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba



FAMA F

Facultad de Matemática,
Astronomía y Física

- f) Observación de aplicaciones en braquiterapia.
- g) Calibración de un equipo de teleterapia. Controles mecánicos y radiantes.
- h) Aplicaciones a esquemas de fraccionamiento utilizando el concepto de NSD (Ellis) y modelo lineal cuadrático (LQM)

BIBLIOGRAFÍA

- The Physics of Radiation Therapy, F. Khan.
- Physics and dosimetry of Therapy Electron Beams, S Klevenhagen.
- Radiotherapy Physics in Practice J. Williams and D. Thwaites.
- The physics of the radiology, H. Johns and J. Cunningham.
- Principles and Practice of Radiation Oncology, Perez C. et al., eds.
- Treatment Planning in Radiation Oncology, F. Khan and R. Potish.
- IAEA Tecdoc 1040: Design and Implementation of a programme: Clinical, medical physics, radiation protection and safety aspects (1988).
- IAEA Pub 1296: "Setting up a Radiotherapy Programme: Clinical, Medical Physics, Radiation Protection and Safety Aspect" (2008).
- IAEA TRS 398: "Absorbed dose determination en External Beam Radiotherapy" (2000).
- Setting up a Radiotherapy Programme (IAEA, 2008).
- IAEA Tecdoc 1588: Transition from 2-D Radiotherapy to 3D conformal and Intensity Modulated Radiotherapy (2008).
- IAEA HHR No1: ICRU Report 38 (1985): "Dose and Volume Specification for Reporting Intracavitary Therapy in Gynecology".
- ICRU Report 58 (1997): "Dose and Volume specification for interstitial Therapy".
- ICRU Report 50(1993) "Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy".
- ICRU 62 (1999) : Supplement to ICRU Report 50.
- ICRU (2010) Report 83: "Prescribing, Recording and Reporting IMRT".
- AAPM TG53: Quality assurance for clinical radiotherapy treatment planning (1998).
- IAEA: Actualización del Tecdoc 1151.
- IAEA Safety Standards Series No TS-G-1.3 (2011)G3: Normas de Seguridad del OIEA para la protección de las personas y el medio ambiente. Programas de Protección radiológica para el transporte de materiales radiactivo.
- IAEA Pub 1297: "Comprehensive Audit of Radioterapy Practices: A tool for Quality Improvement" (2007).
- IAEA: "Radiation Oncology Physics: A Handbook for teachers and Students". E. Podgorsak, Tech.Ed. (2003).
- IAEA Training Course series 36: "IAEA Syllabus for the education and training of Radiation Oncologists" (2009).

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Clases teóricas y clases prácticas de resolución de problemas.

EVALUACIÓN

Tres evaluaciones parciales.
Examen final escrito y oral.

Gustavo Castellano