



UBA
Universidad de Buenos Aires
Argentina virtus robur et studium



REFORMA
UNIVERSITARIA
1918-2018



EXP-UBA: 78422/17.-

BUENOS AIRES; 24 de Abril de 2018.-

VISTO las presentes actuaciones mediante las cuales la Señora Profesora Titular de la Cátedra de Física, Dra. Marcela ZUBILLAGA, solicita la inclusión del Curso "RADIOFARMACIA", en la oferta de actividades de la Secretaría de Extensión Universitaria, de esta Casa de Estudios, para el primer semestre del año 2018; y

CONSIDERANDO:

Que el Curso de referencia, ha sido reconocido como curso de capacitación complementaria en el marco del licenciamiento del personal de Instalaciones Clase 1 por parte de la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN).

Que esta capacitación tiene como objetivo que los estudiantes adquieran conocimientos teóricos básicos sobre mecanismos de desintegración radioactiva e interacción de las radiaciones con la materia. Conocimientos teóricos y capacitación práctica en detección y medición de radiaciones ionizantes y control de calidad de la instrumentación en servicios de radiofarmacia SPECT y PET, preparación y control de radiofármacos, en protección radiológica y cultura de la seguridad. Normativa vigente.

Que la presente Comisión ha analizado el programa analítico de curso de referencia, obrante a fs. 6/17, resultando adecuado.

Por ello y atento a lo aconsejado por la COMISIÓN DE EXTENSION UNIVERSITARIA Y BIENESTAR ESTUDIANTIL.

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

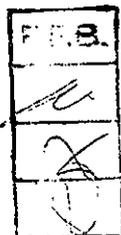
Resuelve:

ARTÍCULO 1º.- APROBAR el dictado del Curso de "RADIOFARMACIA", en la oferta de actividades de la Secretaría de Extensión Universitaria, de esta Casa de Estudios, para el 1º semestre del año 2018 y el programa del mismo obrante a fs. 6/17, que como Anexo I, forma parte de la presente resolución.-

ARTÍCULO 2º.- DESIGNAR a las Dras. Marcela ZUBILLAGA y María Jimena SALGUEIRO como Directoras y a la Dra. Gabriela MARTIN, coordinadora de la actividad propuesta.

ARTÍCULO 3º - Regístrese; comuníquese a las Directoras y Coordinadora del Curso de referencia; tomen razón Secretaría de Extensión Universitaria y Bienestar Estudiantil y las Direcciones General Técnico Académica y de Alumnos y Títulos; y cumplido, archívese.-

RESOLUCIÓN N° 106




Laura Schreier
Secretaría Académica


Cristina Arranz
Decana

PROGRAMA ANALÍTICO

RADIOFARMACIA

PROGRAMA TEORICO:

Carga horaria total: 120 horas

Módulo I: 24 horas

Estructura nuclear: 4 horas

Principios de física nuclear. El átomo. El núcleo atómico. Composición. Estructura. Tabla de Nucleídos. Isotopía. Fuerzas de interacción nucleares: fuerte y débil. Introducción al estudio de partículas elementales: quarks, leptones y sus antipartículas. Procesos de materialización y aniquilación. Modelo Standard. Definiciones y Símbolos. Tabla de Nucleídos. Sistemática de núcleos estables. Estabilidad nuclear. Energía de Unión.

Radiactividad: 3 horas

Radiactividad. Definición. Leyes de la desintegración radiactiva. Constante de desintegración. Vida media. Período de semidesintegración. Actividad. Definición. Unidades. Tasa de Conteo. Eficiencia. Actividad específica y concentración de actividad.

Desintegración nuclear: 6 horas

Mecanismos de la desintegración radiactiva. La desintegración alfa. La desintegración beta: beta negativa, beta positiva, captura electrónica. El espectro beta. Procesos de acomodación orbital. Rendimiento de fluorescencia. La desintegración gamma. Transición isomérica. Conversión interna. Desintegración por diferentes mecanismos.

Interacción de partículas cargadas con la materia: 5 horas

Interacción de la radiación con la materia. Partículas pesadas (alfa, protones). Mecanismos de interacción. Ionización. Excitación. Transferencia lineal de energía (LET). Ionización específica. Rango. Curva de Bragg. Alcance másico. Partículas livianas (beta, electrones). Mecanismos de interacción. Ionización. Excitación. Radiación de frenamiento. Radiación de aniquilación. Efecto Cerenkov. Coeficiente de detención lineal y másico.

Interacción de radiaciones y partículas sin carga: 4 horas

Interacción de fotones con la materia. Efecto fotoeléctrico, efecto Compton y formación de pares. Atenuación de la radiación gamma. Coeficiente de atenuación másico y lineal. Coeficiente de absorción y dispersión. Transferencia lineal de energía (LET). Nociones de interacción de neutrones

Detección de partículas y radiaciones: 2 horas

Detectores de Radiación. Elementos de detección de la radiación. Tipos de detectores y sus aplicaciones. Diferentes métodos de detección. Medición de corriente. Impulso. Circuito diferenciador e integrador. Detectores basados en

la ionización. Cámara de ionización, activimetro, Geiger-Müller, monitores de radiación. Detectores basados en la excitación: Contadores de centelleo sólido. Detectores de centelleo líquido. Medición de actividad. Control de los equipos de medición.

Módulo II: 62 horas

Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes: 16 horas

Efectos directos e indirectos. Radiólisis del agua. Formación de radicales libres; fenómenos secundarios. Rendimiento radioquímico. Lesión bioquímica inicial. Efectos de la radiación sobre el ADN: tipos de lesiones. Mutaciones: somáticas y genéticas. Aberraciones cromosómicas. Clasificación: estocásticos y no estocásticos, somáticos y hereditarios, tardíos o tempranos. Efectos a bajas y altas dosis. Eficiencia biológica relativa. Radiosensibilidad. Reparación del ADN. Efectos de la radiación sobre otras moléculas. Muerte celular por radiación. Efectos a nivel celular y molecular. Curvas de Sobrevida. 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. Modelos de muerte celular por irradiación. Determinación de parámetros radiobiológicos. Su aplicación e importancia. Radioterapia: fundamentos radiobiológicos. Oncología clínica. Cinética tumoral. Modificadores de la respuesta a la irradiación: radiosensibilizantes y radioprotectores. Efectos a bajas dosis: efecto "by stander", respuesta adaptativa, inestabilidad genómica.

Efectos a nivel del organismo.

Efectos Determinísticos: irradiación a todo el cuerpo y localizada, Síndrome agudo de Radiación (SAR) Síndrome cutáneo radioinducido (SCR), 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

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.

Protección Radiológica: 22 horas

Filosofía, objetivos y principios fundamentales. Magnitudes y Unidades utilizadas en protección radiológica: Energía absorbida. Dosis. Dosis Absorbida. Dosis Equivalente. Dosis efectiva. Dosis comprometida. Tasas. Tasa de dosis. Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). Anales del ICRP publicación 103.

Principios de la protección radiológica: justificación, optimización de la protección y limitación de la dosis. Límites y restricciones de dosis. Recomendaciones de la ICRP. Límites primarios y secundarios. Tipos de

exposición: Exposición ocupacional, exposición del público, exposición médica de pacientes. Situaciones de exposición: planificadas, existentes, de emergencia. Exposiciones potenciales. Protección radiológica del paciente. Protección radiológica en el embarazo y la lactancia. Control de la exposición ocupacional.

Sistemas de protección para la irradiación externa: actividad, tiempo, distancia, blindaje. Elementos de cálculo de blindajes para diferentes tipos de radiación. Blindaje para emisores de positrones y para radiación beta.

Optimización en el diseño de equipos e instalaciones. Equipos. Somera descripción de los principales equipos de medicina nuclear (Cámara Gamma, SPECT, PET). Instalación. Diseño de una instalación de medicina nuclear. Consideraciones de protección radiológica para instalaciones con sistemas híbridos (PET/CT, SPECT/CT). Carga de trabajo y su consecuencia sobre la protección radiológica.

Optimización en la operación. Procedimientos de seguridad radiológica en la operación de una instalación de medicina nuclear. Códigos de práctica.

Garantía de calidad. Control de calidad del equipamiento. Actividad administrada y su relación con el CC. Falsos positivos y falsos negativos y su incidencia en la protección radiológica. CC del paciente como fuente radiactiva. Protección radiológica ocupacional. Áreas de trabajo: supervisada y controlada. Vigilancia radiológica individual y de área. Dosimetría individual. Monitoreo de la contaminación interna y externa. Contaminación fija y removible. Monitoreo de la contaminación superficial, Registros.

Protección radiológica del público. Liberación de pacientes luego de la administración de dosis terapéuticas. Ubicación y circulación de pacientes inyectados en los servicios de Medicina Nuclear. Monitoreo de la exposición del público.

Protección radiológica del paciente. Aplicación de los principios fundamentales de la protección radiológica a la exposición médica. Particularidades de la justificación en las exposiciones médicas. Responsabilidades en la justificación genérica e individual. Papel del médico referencista. Niveles de referencia. Protección radiológica y radiofármacos empleados en diagnóstico. Elección del radionucleído. Radionucleídos emisores de positrones. Radioprotección y radiofármacos empleados en terapia. Elección del radionucleído. Nuevas tendencias, sus implicancias en la radioprotección. Radioprotección en terapias con emisores beta: tratamiento del dolor óseo, radiosinovectomía, radioinmunoterapia, otros. Desarrollo de nuevos radiofármacos y aspectos de protección radiológica asociados. Protección radiológica en el embarazo y la lactancia.

Accidentes radiológicos. Lecciones aprendidas. Emergencias radiológicas. Manejo de personas irradiadas y contaminadas.

Dosimetría: 6 horas

Fuentes internas y externas. Cálculo de Dosis para fuentes internas. Órgano crítico. Periodo físico y biológico. Dosimetría interna ocupacional. Sistema de cálculo en dosimetría interna ocupacional: ICRP 30/60. Límites primarios y secundarios. Límite anual de incorporación. Concentración derivada en aire.

Dosimetría interna en medicina nuclear. Sistema de cálculo en dosimetría interna en medicina nuclear: MIRD.

Cálculo de Dosis para fuentes puntuales externas. Exposición. Tasa de exposición. Kerma. Tasa de Kerma. Constante específica de la radiación gamma. Ley de la inversa del cuadrado de la distancia. Sistemas de protección para la radiación externa. Blindajes. Cálculo y diseño de blindajes para las radiaciones electromagnéticas. Haz directo y radiación dispersa: Factor de multiplicación. Influencia de la geometría de la fuente. Blindaje para la radiación beta.

Gestión de Residuos y Transporte de materiales radiactivos: 8 horas

Definición y clasificación general de residuos radiactivos. Prácticas que los generan. Gestión de residuos radiactivos. Minimización y segregación. Residuos de alta, media y baja. Repositorios. Concepto de exención. Gestión de residuos generados en la práctica médica diagnóstica (^{99m}Tc , ^{131}I , ^{111}In , ^{18}F , ^{67}Ga) y terapéutica (^{131}I , ^{32}P , ^{90}Y).

Reglamentación del transporte de material radiactivo. Embalajes. Índice de transporte. Señales para el transporte con material radiactivo. Norma AR 10.16.1.

Marco Regulatorio: 8 horas

Autoridad Regulatoria Nuclear. Incumbencias. Normas regulatorias generales. Normas regulatorias de interés específico. Norma Básica de Seguridad Radiológica AR 10.1.1 Licenciamientos. Requisitos mínimos para obtener licencias de operación y permisos individuales: para diagnóstico y tratamiento en Medicina Nuclear. Permisos individuales para el empleo de material radiactivo y radiaciones ionizantes en seres humanos. Norma AR 8.11.1. Norma AR 8.11.2. Características del preceptor. Responsabilidades del titular de la licencia y del responsable por la seguridad radiológica. Norma 8.2.4: Uso de fuentes no selladas en Medicina Nuclear. Garantía de Calidad. Aseguramiento de Calidad. Programas de Garantía de Calidad: su implementación. Cultura de la seguridad: importancia de la motivación de los individuos.

Actividad radiofarmacéutica: 2 horas.

La unidad de Radiofarmacia. Radiofarmacia Industrial, Centralizada y Hospitalaria. La unidad de radiofarmacia en Centros de Medicina Nuclear. Concepto. Diseño de la farmacia nuclear. Operativa de la farmacia nuclear: recepción y monitoreo de material radiactivo; preparación de radiofármacos; control de calidad de radiofármacos; almacenamiento; dispensación; gestión de residuos radiactivos; gestión de residuos patológicos. Garantía de Calidad en la Radiofarmacia. Regulaciones en Radiofarmacia. Principios generales de Buenas Prácticas de Fabricación y Control de Preparaciones Radiofarmacéuticas: personal, documentación, instalaciones, equipos y fabricación y control de calidad. Manual de Buenas Prácticas Radiofarmacéuticas. Registros asociados a la actividad radiofarmacéutica. Documentación utilizada en una Unidad de Radiofarmacia.

Legislación. Normas legales de aplicación para radiofármacos. Ley del medicamento. Radiofármacos de uso humano: normativa de protección radiológica. Los radiofármacos en las Farmacopeas. Guías con carácter de recomendación.

Módulo III: 34 horas

Producción de radionucleidos: 5 horas

Reacciones nucleares. La sección eficaz. El reactor nuclear. Reacciones nucleares producidas con neutrones o partículas cargadas: ventajas y desventajas. Aceleradores de partículas cargadas: lineales, ciclotrón. Isótopos obtenidos por distintas reacciones nucleares. Equipos. Blancos de irradiación. Módulos automáticos de síntesis y fraccionamiento. Generadores de radionucleidos. Fundamentos. Mezcla de nucleidos no relacionados genéticamente. Series radiactivas. Equilibrios. Procedimiento de elución. Rendimiento. Cálculo de la actividad esperada (equilibrio). Generadores importantes: ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{113}Sn - ^{113}In , ^{68}Ge - ^{68}Ga , ^{82}Sr - ^{82}Rb . Control de calidad.

Obtención de moléculas marcadas: 2 horas

Aplicaciones médicas de los radioisótopos. Radiofarmacia. Radiofármacos: características generales. Definiciones y términos empleados. Elección de acuerdo al estudio. Características del radioisótopo y de la molécula. Radiofarmacología. Tipos de radiofármacos. Métodos de marcación. Diseño. Clasificaciones. Factores que modifican su localización. Interacciones. Métodos de marcación: comparación, eficiencia, estabilidad química. Marcación isotópica y no isotópica. Actividad específica. Concentración de actividad. Condiciones de almacenamiento. Radiólisis y autorradiólisis

Control de calidad de radiofármacos: 7 horas

Conceptos generales de calidad. Preparación de radiofármacos en el entorno de la calidad: procedimientos asociados. Elución de generadores. Radiofármacos preparados a partir de equipos reactivos y radionucleidos procedentes de generadores. Radiofármacos de elaboración propia. Radiofármacos aerosoles o gases, Radiofármacos de administración oral, Radiofármacos basados en muestra autólogas. Requisitos previos a su administración, Calidades. Controles fisicoquímicos: pureza química, estado físico, tamaño y número de partículas, pH, tonicidad. Controles radiológicos: concentración radiactiva, pureza radionucleídica, pureza radioquímica, actividad específica. Controles biológicos: biodistribución, esterilidad, apirogenicidad y toxicidad. Otros requisitos: rotulado, almacenamiento, vida útil. Requisitos de calidad de seguridad, eficacia y eficiencia, aplicada a los radiofármacos.

Radiofármacos Tecneciados: 3 horas

Introducción a la química del Tecnecio: marcación de radiofármacos con $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Complejos de coordinación. Geometría de complejos. Quelatos. Cargas de los quelatos e influencia en la Biodistribución. Quelatos con capacidad de unión a

receptores. Propiedades de la Química de Coordinación del ^{99m}Tc . Complejos con uniones metal-nitrógeno (Nitrido-Tc(V) complejos, Imido complejos, Diazenido-complejos, Nitrosil y tionitrosil complejos), Oxocomplejos (Mono-oxo Complejos de Tc(V), Di-oxo y -oxo complejos). Complejos de ^{99m}Tc con bajos estado de oxidación (Complejos ricos en azufre, Especies con ligandos aceptores. Complejos que poseen el fragmento $[\text{Tc}(\text{CO})_3]^+$. Compuestos organometálicos. Aplicaciones de Radiofármacos Tecnecios. ^{99m}Tc -pertenecio ($^{99m}\text{TcO}_4$), ^{99m}Tc -MDP, ^{99m}Tc -HDP, ^{99m}Tc -HMDP, ^{99m}Tc -DPD, ^{99m}Tc -MAA, ^{99m}Tc -MAG3, ^{99m}Tc -DTPA, ^{99m}Tc -DMSA, ^{99m}Tc -HMPAO, ^{99m}Tc -ECD, ^{99m}Tc -Diisopropil-IDA, ^{99m}Tc -Trimetilbromo-IDA (Mebrofenin), ^{99m}Tc -Coloides, ^{99m}Tc -Tetrofosmina, ^{99m}Tc -MIBI, ^{99m}Tc -PYP, ^{99m}Tc -Depreotida, ^{99m}Tc -TRODAT.

Radiofármacos No Tecnecios: 2 horas

Métodos de marcación con ^{67}Ga , ^{201}Tl , ^{111}In , ^{131}I , ^{123}I , ^{153}Sm , ^{89}Sr , ^{90}Y , ^{186}Re , ^{169}Er , ^{32}P : comparación, eficiencia, estabilidad química. Radioyodación. Marcación con ^{111}In . Kits de marcación. Radiofármacos específicos. ^{67}Ga -citrato, ^{201}Tl -cloruro, ^{111}In -DTPA, ^{131}I -a, ^{131}I -Yodocolesterol, $^{131}\text{I}/^{123}\text{I}$ -MIBG, ^{123}I -loflupano, ^{123}I -IBZM, ^{153}Sm -lexidronam, ^{89}Sr -cloruro, ^{90}Y -trio, ^{186}Re -nio, ^{169}Er -bio, ^{32}P -fosfato sódico.

Marcación de biomoléculas: 2 horas

Radiofármacos basados en estructuras peptídicas. Diseño de radiofármacos peptídicos. Métodos de marcación. Aspectos farmacocinéticos. Control de calidad. Inmunoreactividad. Pureza química. Pureza radioquímica. Aplicaciones de los Radiofármacos basados en estructuras peptídicas. Radiofármacos peptídicos análogos de la Somatostatina. ^{111}In -Pentetreótido, $^{111}\text{In}/^{90}\text{Y}$ -Ibritumomab tiuxetan, ^{99m}Tc -arcitumomab, ^{99m}Tc -depreotide, ^{99m}Tc -apcítide, ^{99m}Tc -sulesomab, ^{99m}Tc -anticuerpos antigranulocitos, Radiofármacos ^{99m}Tc -peptídicos de nuevo diseño.

Radiofármacos autólogos. Marcación de leucocitos: propiedades, métodos, procedimientos, controles de calidad, interacciones, aplicaciones: Marcación de hematíes. Métodos, controles, interacciones, aplicaciones: Marcación de plaquetas: métodos, controles y aplicaciones.

Radiofármacos de PET (emisores de positrones): 4 horas

Ciclotrones: propiedades, tipos, blancos. Radiofármacos para PET. Radioisótopos de vida media corta y ultracorta producidos en aceleradores. Síntesis, producción, purificación, fraccionamiento y dispensación de radiofármacos de PET. Requisitos. Sistemas automáticos. Controles de Calidad. Liberación paramétrica. Radiofármacos específicos. ^{18}F -FDG, ^{13}N - NH_3 , L-[metil- ^{11}C]metionina, ^{18}F -Fluoruro, ^{18}F -DOPA, ^{18}F -Timidina, ^{18}F -Fluorcolina, etc. Puntos críticos de la producción transporte, distribución y utilización de radiofármacos PET. Fundamentos para la aplicación de radiofármacos PET. ^{68}Ga -Radiofármacos.

Aplicaciones de las radiaciones ionizantes: 2 horas

Radioisótopos más utilizados en nuestro país. Pureza. Criterios para el análisis de su pureza. Métodos de control de pureza. Dispositivos médicos. Otras aplicaciones de los radioisótopos. Análisis por activación. Aplicaciones de las radiaciones ionizantes en el área de salud. Radioterapia. Aplicaciones de los radioisótopos en bioquímica, biología, agropecuaria, industria, geología, otras. Conservación de alimentos: radioesterilización y radioconservación.

Radiofármacos para diagnóstico y terapia: 5 horas

Radiofármacos para diagnóstico. Elección del radionucleído. Elección de la forma química. Sistemas de detección: contador simple de cuerpo entero, centellógrafo de detector móvil o lineal, cámara gamma, SPECT, PET. Radiofármacos tecnecios, radiofármacos iodados, otros (^{111}In , ^{201}Tl , etc). Radiofármacos para terapia. Fuentes abiertas: elección del radionucleído (^{90}Y , ^{32}P , ^{89}Sr), elección de la forma química. Radiofármacos utilizados en el tratamiento de hipertiroidismo, cáncer de tiroides, dolor óseo, linfoma no Hodgkin, Policitemia Vera, Leucemia, etc. Fuentes selladas: elección del radionucleído, elección de la forma química. Radiofármacos utilizados en el tratamiento de tumores sólidos, y otros. Braquiterapia.

Diseño de radiofármacos: 2 horas

Desarrollo de un nuevo radiofármaco. Selección del radionucleído. Selección de la forma química. Selección de la forma farmacéutica. Investigación y desarrollo. Investigación con radiotrazadores en cultivos celulares. Investigación con radiotrazadores en pequeños animales. Fase Preclínica. Fases Clínicas. Investigación clínica con radiofármacos. Legislación. Disposiciones ANMAT 6677/10, 1418/11 y 2009/07

PROGRAMA DE TRABAJOS PRÁCTICOS:

Carga horaria total: 100 horas

Módulo I: 40 horas

Manipulación de fuentes no selladas de material radiactivo. Contaminación personal interna y externa. Contaminación superficial fija y removible. Irradiación. Medidas básicas de seguridad radiológica en laboratorios de uso de fuentes no selladas. Sistemas de protección contra la irradiación. Código de prácticas. Señalización. (5 horas)

Detectores de radiación. Detectores basados en la ionización de gases. Cámara de ionización. Contador proporcional. Monitor de radiación Geiger Muller. Medición de actividad y tasa de conteo. Problemas de decaimiento. Actividad Específica, Concentración de actividad y manejo de unidades. (5 horas)

Detectores basados en la excitación. Contadores de centelleo sólido. Formación del impulso. Espectrometría y determinación de tasas de conteo. (10 horas)

Determinación de eficiencia de medición. Utilización de patrones. Factores que afectan la eficiencia de medición. Estadística de las mediciones de radiactividad. Determinación del error cometido en la medición. Elección de las condiciones de medición. Geometría y dispersión. Detección en coincidencia. (15 horas)

Principios de control de calidad en radiofarmacia. Control de calidad de activímetro y monitor Geiger Muller. Control de contadores de centelleo sólido. Parámetros extrínsecos e intrínsecos. Pruebas de aceptación y referencia. Verificaciones operativas. Elaboración de registros. (5 horas)

Módulo II: 20 horas

Protección Radiológica. Utilización de monitores de radiación para el monitoreo de área. Medición de la tasa de dosis equivalente ambiental. Medición de la contaminación superficial. Test del barrido. Evaluación dosimétrica individual del personal: uso correcto de dosímetros personales de cuerpo entero y de extremidades. Interpretación de informes y comparación con los límites de dosis. Gestión de residuos generados en la elución de la columna generadora de ^{99m}Tc y preparación de radiofármacos. (10 horas)

Cálculos dosimétricos. Cálculo de Dosis para fuentes internas. Sistema de cálculo en dosimetría interna ocupacional: ICRP 30/60. Sistema de cálculo en dosimetría interna en medicina nuclear: MIRD.

Manejo de bases de datos nucleares con fines médicos. Cálculo de Dosis para fuentes puntuales externas. Exposición. Tasa de exposición. Kerma. Tasa de Kerma. Constante específica de la radiación. Sistemas de protección para la radiación externa.

Blindajes. Cálculo y diseño de blindajes para las radiaciones electromagnéticas. Haz directo y radiación dispersa: Factor de multiplicación. Influencia de la geometría de la fuente. Blindaje para la radiación beta. Cálculo de Dosis para fuentes externas en contacto. Aplicación de cálculos dosimétricos para la estimación de las dosis recibidas por exposición y/o contaminación con material radiactivo en distintas situaciones de la práctica profesional. (10 horas)

Módulo III: 40 horas

Generadores de radionucleídos. Generador de ^{99m}Tc . Procedimiento de elución. Rendimiento. Cálculo de la actividad esperada. Control de calidad del eluido: concentración de actividad, aspecto, pH, pureza radionucleídica, pureza radioquímica. (10 horas)

Marcación de radiofármacos. Marcación de radiofármacos con ^{99m}Tc . Marcación con otros radioisótopos. Control de calidad de radiofármacos. Controles fisicoquímicos: estado físico: aspecto y pH. Controles radiológicos: concentración radiactiva, pureza radioquímica, actividad específica. Rotulado y almacenamiento. Cálculo de la actividad específica y de la concentración de actividad de la molécula marcada. Cálculo de la actividad a administrar (20 horas)

Visita a un centro de medicina nuclear. Análisis de la distribución física y organización: cuarto caliente, sala de espera, sala de inyección, sala de adquisición, baños. Revisión exhaustiva de las operaciones en el cuarto caliente: elución, marcación de radiofármacos, preparación de las actividades a administrar, gestión de residuos. Reconocimiento del equipamiento: activímetro, brazo de captación, cámara gamma, SPECT. Observación de manuales de procedimiento y registros (5 horas).

Radiofarmacia PET. Reconocimiento del ciclotrón, la celda de síntesis de radiofármacos y el laboratorio de control de calidad con su equipamiento. Análisis de la distribución física, organización del centro y del flujo de material radiactivo. Reconocimiento de distintos tipos de blindajes. Observación de manuales de procedimiento y registros. Operaciones técnicas radiofarmacéuticas. (5 horas).

Bibliografía recomendada

I) Conceptos básicos /dosimetría/ dosimetría externa/blindajes/detectores

1. Attix, F. H. Introduction to radiological physics and radiation dosimetry. John Wiley and Sons. 1986.
2. Turner, J. Atoms, radiation and radiation protection. Ed. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGAA, Weinheim, Germany.
3. Cember, H., Johnson, T. Introduction to Health Physics. McGraw Hill Medical. 2009.
4. ICRU report 60: Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation.
5. ICRU – Report 57: Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation.
6. ICRP 107: Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations.
7. J. Deutreix, A Desgrez, B. Bok, C. Chevalier; Física y Biofísica Radiaciones, 1980, Editorial AC, Madrid. España.
8. Cherry, Simon, Sorenson James and Phelps Martin. Physics in Nuclear Medicine. 3ed. Saunders. Philadelphia, USA. 2003.
9. Levi de Cabrejas, Mariana. Tomografía en Medicina Nuclear. Comité de Instrumentación y Garantía de Calidad de ALASBIMN. 1999.
10. Michael L'Annunziata, Handbook of Radioactivity Analysis, 2º ed. Academic Press, Great Britain, 2004.

I- bis) Detectores (avanzado)

1. Knoll, Glenn. Radiation Detection and measurement. Wiley, 1999.

2. Glenn Knoll, Radiation Detection and Measurement, John Wiley & Sons, USA, 1979.

II) Efectos Biológicos

1. UNSCEAR 2001: Hereditary Effects of Radiation
2. UNSCEAR 2006: Effects of ionizing radiation. Vol. I Annex A - Epidemiological studies of radiation and cancer. Vol. II Annex C: Non-targeted and delayed effects of exposure to ionizing radiation
3. UNSCEAR 2008: Sources and effects of ionizing radiation. Vol. II Annex D- Health effects due to radiation from the Chernobyl accident
4. ICRP Publicación 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection
5. IAEA "Radiation Biology: A Handbook for Teachers and Students". Training Course Series TCS- 42, 2010.
6. Eric Hall, Amato Giaccia, Radiobiology for the Radiologist, 6th Edition, Lippincott Williams & Wilkins, USA, 2006.
7. Steel G Gordon, Basic Clinical Radiobiology, Second edition, Arnold. 1997.

III) Protección Radiológica

1. ICRP Publicación 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, 2007.
2. ICRP Publicación 105: Radiological Protection in Medicine, 2007.
3. ICRP Publicación 94: Release of Nuclear Medicine Patients after Therapy with Unsealed Sources, 2004.
4. ICRP Publicación 90: Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus), 2003.
5. ICRP Publicación 88: Doses to the Embryo and Fetus from Intakes of Radionuclides by the Mother, 2001.
6. ICRP Publicación 84: Pregnancy and medical radiation, 2000.
7. OIEA Colección de normas de seguridad N° RS-G-1.1 Protección radiológica ocupacional. Guía de seguridad, 1999.
8. OIEA Colección de normas de seguridad N° RS-G-1.3. Evaluación de la exposición ocupacional debida a fuentes externas de radiación. Guía de seguridad, 1999.
9. OIEA Colección de normas de seguridad N° RS-G-1.2: Evaluación de la exposición ocupacional debida a incorporaciones de radionucleidos. Guía de seguridad, 1999.
10. OIEA – Guía de Seguridad n° 115.
11. Radioprotección en las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes (editado por la ARN)

IV) Accidentes

Página web del OIEA sobre protección del paciente rpop.iaea.org

V) Dosimetría

- a) Ver punto I), y
- b) Dosimetría Interna

1. ICRP Publicación 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, 2007.
2. ICRP Publicación 30 Limits for intakes of radionuclides by workers, 1979.
3. ICRP 68: Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers, 1995.
4. ICRP Publicación 78: Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers, 1997.
5. ICRP Publicación 106: Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals.

VI) Transporte y Gestión de Residuos

1. Norma AR 10-16-1- Revisión 1: Transporte de Materiales Radiactivos
2. Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos. Requisitos. Colección Normas de Seguridad N° TS-R-1 del OIEA. Edición de 1996 (Revisada).
3. Norma AR 10-12-1- Revisión 2: Gestión de Residuos Radiactivos.

VII) Normativa

1. Autoridad Regulatoria Nuclear, Norma Básica de Seguridad Radiológica. AR 10.1.1, versión vigente.
2. Autoridad Regulatoria Nuclear, Permisos Individuales para el empleo de material radiactivo o radiaciones ionizantes en seres humanos. Norma AR 8.11.1, versión vigente.
3. Autoridad Regulatoria Nuclear, Requisitos mínimos de formación clínica activa para la obtención de permisos individuales con fines médicos. Norma AR 8.11.2, versión vigente.
4. Autoridad Regulatoria Nuclear, Uso de fuentes radiactivas no selladas en instalaciones de medicina nuclear. Norma AR 8.2.4, versión vigente.

VIII) Radiofarmacia

1. Saha Gopal. Fundamentals of Nuclear Pharmacy. 5th Ed. Springer-Verlag. New York, Inc. USA. 2004.
2. Carrió I., González P., Medicina Nuclear. Aplicaciones Clínicas. Editorial Manson, Barcelona, España, 2003.
3. Tony Theobald. Sampson's Textbook of Radiopharmacy. 4th Ed. Pharmaceutical Press, London UK, Chicago USA, 2011.
4. Richard J. Kowalsky, Steven W. Falen. Radiopharmaceuticals in Nuclear Pharmacy and Nuclear Medicine. 2nd Ed. American Pharmacists Association. Washington DC, USA, 2004.
5. IAEA. Operational guidance on hospital radiopharmacy: a safe and effective approach. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2008.
6. IAEA. The management system for facilities and activities: safety requirements. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2006.
7. IAEA. Auditorías de gestión de la calidad en prácticas de medicina nuclear. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2009.
8. IAEA. Technetium-99m radiopharmaceuticals: status and trends. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2009.

9. IAEA. Comparative evaluation of therapeutic radiopharmaceuticals. Technical Reports Series N° 458. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2007.
10. IAEA. Labelling of small biomolecules using novel Technetium-99m cores. Technical Reports Series N° 459. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2007.
11. IAEA. Quality assurance for radioactivity measurement in nuclear medicine. Technical Reports Series N° 454. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2006.
12. IAEA. Technetium radiopharmaceuticals: manufacture of kits. Technical Reports Series N°. 466. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2008.