



Hospital General Universitario
Gregorio Marañón



HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARIO GREGORIO MARAÑÓN

MADRID



ITINERARIO FORMATIVO DE LA ESPECIALIDAD DE RADIOFÍSICA HOSPITALARIA

Jefe de Servicio: Fernando Sierra Díaz
Tutores: María Jesús García Hernández
Miguel Alarcia Noci
Fecha: 1 de marzo de 2022

Presentada y aprobada por la Comisión de Docencia en reunión de fecha

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
1.1	Definición y características de la especialidad.....	3
2.	ESTRUCTURA Y ORGANIZACIÓN DE LA UNIDAD DOCENTE.....	4
2.1	Recursos humanos: plantilla de profesionales.....	4
2.2	Recursos físicos: dependencias físicas del servicio. Localización y contacto (teléfono y correo electrónico).....	4
2.3	Recursos técnicos: equipamiento.....	5
2.4	Cartera de servicios.....	7
2.5	Actividad asistencial en el último año.....	12
3.	ORGANIZACIÓN DE LA DOCENCIA.....	13
3.1	Plazas acreditadas y tutores.....	13
3.2	Características generales del programa de la especialidad.....	13
3.3	Objetivos generales de formación.....	13
3.4	Programa de formación del RFIR y cronograma de las rotaciones.....	14
3.5	Guardias.....	16
3.6	Rotaciones externas.....	16
3.7	Supervisión y evaluación de la formación.....	17
4.	ACTIVIDADES DOCENTES.....	18
4.1	Sesiones del servicio, interdepartamentales y generales.....	18
4.2	Plan de Formación en Competencias Genéricas Transversales.....	19
4.3	Congresos y cursos de la especialidad.....	19
4.4	Participación del RFIR en la docencia.....	19
5.	ACTIVIDADES CIENTÍFICAS Y PUBLICACIONES.....	20
5.1	Formación en investigación.....	20
5.2	Participación en ensayos clínicos.....	21
5.3	Publicaciones y comunicaciones a congresos y cursos.....	21
5.4	Planificación para la realización de la Tesis Doctoral.....	21
6.	MATERIAL DOCENTE.....	23
6.1	Libros de la especialidad.....	23
6.2	Bases de datos y revistas electrónicas.....	25
6.3	Páginas web recomendables.....	25

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Definición y características de la especialidad.

La especialidad de Radiofísica Hospitalaria engloba los conocimientos que se consideran necesarios para la correcta planificación, aplicación e investigación de las técnicas utilizadas por la física de las radiaciones en los exámenes y tratamientos médicos que impliquen la exposición de los pacientes a radiaciones ionizantes, el control de calidad de los equipos e instalaciones empleados en dichos exámenes y tratamientos, y la protección radiológica de las personas afectadas por los mismos.

Su creación tiene lugar formalmente mediante el Real Decreto 220/1997, en realidad reconociendo una profesión que venía desarrollándose en España desde los años sesenta. Posteriormente queda definida por el Real Decreto 183/2008 (que deroga el anterior) como una Especialidad pluridisciplinar, a la que se accede con el título de graduado/licenciado en el ámbito de la Física u otras disciplinas científicas y tecnológicas en ciencias de la salud, y se desarrolla por el sistema de residencia, durante un periodo de tres años.

La aplicación de las radiaciones ionizantes en medicina es beneficiosa para millones de personas en el mundo. Sin embargo, esta aplicación tiene que considerar un cuidadoso balance entre, por un lado, la mejora de la salud y el bienestar humano, y por otro, los riesgos de exponer a personas a la radiación. Podríamos decir que participar en ese cuidadoso balance es uno de los cometidos de la Radiofísica como especialidad, y la importancia de llevarlo a cabo correctamente y optimizarlo una de sus razones de ser.

El especialista en Radiofísica Hospitalaria tiene a su cargo la planificación del tratamiento de pacientes con Radioterapia, la dosimetría y control de calidad de aceleradores lineales y fuentes radiactivas de Radioterapia, el control de calidad en Diagnóstico por Imagen (Radiodiagnóstico y Medicina Nuclear) e intervencionismo, el cálculo y control de dosis de pacientes sometidos a procedimientos con radiaciones ionizantes y la Protección Radiológica en general dentro del ámbito hospitalario.

Sus competencias están ampliamente reguladas en la legislación nacional, que se nutre de las directivas a nivel europeo de obligada trasposición, la última de las cuales (Directiva europea 2013/59 EURATOM) recoge y actualiza muchas de ellas. Dicha directiva establece el perfil de competencias de dos figuras: el experto en protección radiológica y del experto en física médica. En España, la figura del especialista en Radiofísica Hospitalaria engloba las dos anteriores.

2. ESTRUCTURA Y ORGANIZACIÓN DE LA UNIDAD DOCENTE

2.1 Recursos humanos: plantilla de profesionales.

JEFE DE SERVICIO

- Fernando Sierra Díaz. Licenciado en Ciencias Físicas. Especialista en Radiofísica Hospitalaria. Con Diploma de Jefe de Servicio de Protección Radiológica.

ADJUNTOS

- Rocío Jiménez Rojas. Licenciada en C. Físicas. Especialista en Radiofísica Hospitalaria
- Susana Gómez Cores. Licenciada en C. Físicas. Especialista en Radiofísica Hospitalaria
- Cristina González Ruiz. Licenciada en C. Físicas. Especialista en Radiofísica Hospitalaria
- María Jesús García Hernández. Licenciada en C. Físicas. Especialista en Radiofísica Hospitalaria.
- Rafael Ayala Lázaro. Licenciado en C. Físicas. Especialista en Radiofísica Hospitalaria.
- Gema Ruiz Galán. Licenciada en C. Físicas. Especialista en Radiofísica Hospitalaria.
- Rocío García Marcos. Licenciada en C. Físicas. Especialista en Radiofísica Hospitalaria.
- Miguel Alarcia Noci. Licenciado en C. Físicas. Especialista en Radiofísica Hospitalaria.

TÉCNICOS SUPERIORES ESPECIALISTAS

- Fernando Boyano González, TSE en Radiodiagnóstico.
- Escolástico Félix Gil García, TSE en Radiodiagnóstico.
- Marina Gálvez Ochoa, TSE en Radiodiagnóstico.
- María del Mar Valbuena Marín, TSE en Radioterapia.
- Irene Castellanos García, TSE en Radioterapia.
- María Victoria Fernández Sáiz, TSE en Radioterapia

ADMINISTRATIVOS

- Adrián Martínez Larena. Oficial. (Jornada del 50 %)
- María Teresa Martín Sánchez. (Jornada del 50 %)

2.2 Recursos físicos: dependencias físicas del servicio. Localización y contacto (teléfono y correo electrónico).

El Servicio de Dosimetría y Radioprotección tiene sus dependencias actualmente repartidas en dos ubicaciones físicas diferenciadas.

Por una parte, en el Sótano -2 del Edificio de Oncología se encuentran varios despachos donde trabajan principalmente los Radiofísicos y Técnicos dedicados a las funciones de Radiofísica en Radioterapia.

Los teléfonos de contacto en estas dependencias son:

- 914269668 (Secretaría)
- 915868181
- 914269589

Por otra parte, en el Pabellón Anexo a Psiquiatría, 1ª planta, se encuentran otros despachos donde trabajan principalmente los Radiofísicos y Técnicos dedicados a las funciones de Radiofísica en Medicina Nuclear y Radiodiagnóstico, así como a Protección Radiológica.

En esta ubicación se encuentra también el Jefe del Servicio de Dosimetría y Radioprotección, que ejerce como Jefe del Servicio de Protección Radiológica, autorizado por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Los teléfonos de contacto en estas dependencias son:

- 915866631 (Secretaría)
- 915866630 (Jefatura de Servicio)
- 914269495
- 914269497

Dirección de correo corporativo del servicio:

dosimetría.hgugm@salud.madrid.org

2.3 Recursos técnicos: equipamiento.

RADIOTERAPIA

EQUIPOS DE RADIACIÓN PARA RADIOTERAPIA EXTERNA

- Acelerador Elekta Synergy
- Acelerador Elekta Infinity
- Acelerador Elekta Versa HD-1
- Acelerador Elekta Versa HD-2
- Acelerador Sordina LIAC para técnica R.I.O
- TC Brilliance Big Bore Philips

EQUIPO DE RADIACIÓN PARA BRAQUITERAPIA (TERAPIA DE CONTACTO)

- Elekta microSelectron V3 Digital para HDR (alta tasa de dosis)
- Fuente radiactiva Ir-192 de 10 Ci

SOFTWARE DE PLANIFICACIÓN DE TRATAMIENTOS

- 1 equipo de Planificación XIO de Elekta
- 7 equipos de planificación Mónaco de Elekta, con 21 licencias de planificación

- 1 equipo de Planificación de braquiterapia Oncentra MasterPlan V3.3 SP2

SOFTWARE DE VERIFICACIÓN DE TRATAMIENTOS

- Mobius 3D (Varian)

INSTRUMENTACIÓN DE MEDIDA EN RADIOTERAPIA

- Matrices de detectores
 - PTW QuickCheck
 - IC PROFILER™ (Sun Nuclear)
 - Delta4 Phantom+ (Scandidos)
 - MatriXX Evolution (IBA Dosimetry)
- Maniqués
 - Blue Phantom2 (IBA Dosimetry)
 - StereoPHAN™ (Sun Nuclear)
 - QUASAR™ Multi-Purpose Body Phantom (Modus QA)
 - QUASAR™ Penta-Guide Phantom (Modus QA)
 - Catphan Phantom (Standard Imaging)
 - MIMI™ Phantom (Standard Imaging)
 - Dynamic Thorax Phantom (CIRS)
- Detectores puntuales
 - Cámaras de ionización cilíndricas (FC65G, CC13, CC01)
 - Cámaras de ionización plano-paralelas (PPC40, PPC05)
 - Detectores de estado sólido (diodos de electrones y fotones)
 - Detector de diamante PTW microDiamond
- Electrómetros
 - PTW Unidos

RADIODIAGNÓSTICO E INTERVENCIONISMO Y MEDICINA NUCLEAR

EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO E INTERVENCIONISMO Y MEDICINA NUCLEAR

- 5 tomógrafos computarizados (TC).
- 3 mamógrafos digitales.
- 8 Angiógrafos.
- 6 telemandos
- Otros equipos convencionales, portátiles, arcos radioquirúrgicos, dentales, etc. hasta un total cercano a 80 equipos.
- 2 PET-TC.
- 2 SPECT-TC

INSTRUMENTACIÓN DE MEDIDA EN RADIOFÍSICA EN DIAGNÓSTICO Y MEDICINA NUCLEAR Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA.

- Monitores de radiación y contaminación:
 - 1 monitor de radiación Fluke 451B-DE-SI
 - 3 monitores de radiación Fluke 451P-DE SI
 - Monitor de radiación Smart ion 2120S
 - Monitor neutrones NRC NP-2

- Monitores de contaminación: Berthold LB1210B, Ludlum 2200, Fag Contamat FHT-111M
- Activímetros:
 - Atomlab 200
 - Capintec CRC15R
 - CRC55
- Multímetros:
 - RTI Barracuda
 - RADCAL AGMS DM+ (Sensor KV/Dosis)
- Electrómetros:
 - Radcal 9015S
 - Radcal Accugold DM+
- Cámaras de ionización:
 - Radcal 10X5-1800 (2), 3CT, 60E (2), 6, 6M

2.4 Cartera de servicios.

Radioterapia Oncológica

La realización de todos los procedimientos radioterápicos lleva asociado un proceso desde el inicio y puesta en marcha de la técnica, y posteriormente de control de calidad y verificación respecto al estado de referencia inicial:

- Pruebas de aceptación.
- Medidas de la unidad para establecer el estado de referencia inicial
- Modelado de cada energía del haz de tratamiento en el sistema de planificación dosimétrica del tratamiento
- Establecimiento de procedimientos de control de calidad
- Vigilancia del estado de la unidad respecto a la referencia
- Control de calidad de la instrumentación dosimétrica
- Gestión de averías, autorización y verificación de la unidad tras intervención del servicio técnico

Durante todo el proceso radioterápico el servicio dispone de unidades de simulación, planificación, tratamiento, verificación y registro.

SISTEMAS DE SIMULACIÓN

- Simulador TC4D
- PET/TC.

SISTEMAS DE PLANIFICACIÓN DOSIMÉTRICA INDIVIDUALIZADA

- MONACO (radioterapia externa)
- ONCENTRA (braquiterapia)

RADIOTERAPIA

- 3D convencional
- VMAT (arcoterapia con modulación de intensidad)
- SBRT (hipofraccionamiento de alta precisión)
- Tratamientos en inspiración mantenida
- Sistema de guiado CBCT3D/4D pretratamiento y durante el tratamiento con haz de kilovoltaje integrado en la unidad de tratamiento
- Radioterapia Intraoperatoria con acelerador portátil
- Braquiterapia de alta tasa de tratamientos ginecológicos e intersticiales
- Irradiación de hemoderivados

MEDICINA NUCLEAR

- Tratamientos metabólicos con I-131, Sm-153, Terapia con Ra-223, Radioembolización con Y-90, Sinovioarteritis con Y-90, Terapia con Lu-177, Ho-166.
- Elaboración de procedimientos de dosimetría
- Cálculo de dosis a pacientes.
- Medidas de tasa de dosis en entorno del paciente.
- Apoyo al procedimiento, control de contaminaciones y gestión de residuos
- Altas radiológicas e información al paciente.

Radiodiagnóstico e intervencionismo

- Equipos dentales intraorales y panorámicos, equipos de radiología convencional, telemandos, portátiles, mamógrafos, TC, arcos quirúrgicos, angiógrafos, densitómetros:
 - Pruebas de aceptación. Establecimiento del estado de referencia
 - Elaboración de procedimientos de control de calidad
 - Control de calidad de equipos. Verificación de la constancia del estado de referencia
 - Verificación tras la intervención de las EVAT
 - Validación de los indicadores dosimétricos si se muestran
- Sistemas de imagen y visualización
 - Control de calidad de detectores CR, DR, monitores
- Dosimetría a pacientes
 - Verificación periódica de dosis impartida en muestras de pacientes, por equipo y exploración más frecuente
 - Establecimiento de niveles de referencia propios y comparación con DRL's
 - Operación del Sistema de Gestión de Dosis al Paciente y Garantía de Calidad
 - Medida individualizada de la dosis a los pacientes en casos especiales
 - Estimación de dosis en órganos al paciente cuando sea requerido.
 - Estimación de dosis en pacientes gestantes
 - Propuestas de optimización de dosis en procedimientos clínicos
 - Elaboración de informes individualizados de dosimetría a pacientes

Medicina nuclear diagnóstica

- Activímetros, sondas intraoperatorias, SPECT/CT, PET/CT:
 - Pruebas de aceptación. Establecimiento del estado de referencia
 - Elaboración de procedimientos de control de calidad
 - Control de calidad. Verificación de la constancia del estado de referencia
 - Verificación tras la intervención de las EVAT
- Dosimetría en procedimientos diagnósticos
 - Estimación de dosis en órganos al paciente cuando sea requerido.
 - Estimación de dosis en pacientes gestantes
 - Establecimiento de niveles de referencia (actividad)
 - Propuestas de optimización de procedimientos

Actividades comunes a todas las áreas

- Adquisición de equipos
 - Análisis de prestaciones para las necesidades clínicas. Condiciones de integración: compatibilidad, conectividad. Obtención de información técnica previa a la adquisición
 - Elaboración de especificaciones técnicas de compra
 - Valoración de ofertas técnicas
 - Supervisión de la instalación de nuevos equipos
- Comisiones de garantía de calidad, y otras comisiones
 - Colaboración en la elaboración, desarrollo y cumplimiento del programa de garantía de calidad
 - Actualización del programa
 - Participación en Comisiones clínicas
 - Participación en Comisiones asesoras de compra de equipamiento
- Ensayos clínicos
 - Participación en ensayos clínicos
 - Elaboración de informes de calibración de equipos, calidad de imagen, dosimétricos, procesos de certificación del procedimiento
- Elaboración de protocolos y procedimientos
- Análisis de sucesos que conlleven exposiciones médicas accidentales o no intencionadas
- Aplicación de métodos de análisis de riesgos retrospectivos y prospectivos

Protección radiológica (ocupacional y público)

- Dosimetría ocupacional
 - Clasificación de los trabajadores

- Gestión del control dosimétrico de los trabajadores, seguimiento de las incidencias en el historial dosimétrico de los trabajadores
 - Asignación de dosis a partir de dosimetría de área
- Vigilancia radiológica
 - Elaboración de procedimientos de vigilancia
 - Medida de niveles de radiación y contaminación
- Planificación y diseño de las instalaciones
 - Diseño de la instalación
 - Estudios de seguridad
- Gestión y control de material radiactivo, fuentes de radiación
 - Procesos de compras
 - Pruebas de hermeticidad
- Fuentes de alta actividad
 - Colaboración en la elaboración del Plan de Protección Física
 - Gestión de las fuentes de alta actividad
- Gestión de residuos radiactivos
 - Elaboración de procedimientos de gestión de residuos radiactivos en las instalaciones
 - Gestión de material residual con contenido radiactivo y fuentes en desuso
 - Gestión del almacén de residuos radiactivos
- Instrumentación de medida
 - Elaboración de especificaciones técnicas
 - Programa de calibración y verificación
- Calibración y desarrollo de sistemas metrológicos de radiaciones ionizantes
 - Dosimetría con cámaras de ionización y diodos
- Gestión de la documentación preceptiva
 - Permisos de funcionamiento, modificaciones y clausuras de instalaciones radiactivas
 - Declaración de instalaciones de radiodiagnóstico
 - Gestión de licencias de instalaciones radiactivas y acreditaciones en radiodiagnóstico
 - Elaboración de Informes anuales en instalaciones radiactivas y periódicos en instalaciones de radiodiagnóstico
 - Elaboración de los reglamentos de funcionamiento y planes de emergencia
 - Elaboración del Programa de protección radiológica
 - Informes sobre incidencias dosimétricas y sobre comunicación de sucesos al CSN
 - Gestión y custodia de Actas de Inspección de organismos reguladores

- Elaboración de normas de protección radiológica
- Investigación y análisis de incidentes y accidentes. Establecimiento de medidas correctoras

Actividad docente

DOCENCIA POST-GRADO

- Acciones formativas en protección radiológica para los médicos especialistas en formación, sobre prácticamente todas las especialidades, según Resolución, de 21 de abril de 2006, del Ministerio de Sanidad y Consumo.
- Unidad docente en Radiofísica Hospitalaria.

DOCENCIA PRE-GRADO

- Alumnos en prácticas, del Grado en Ingeniería Biomédica (Universidad Carlos III), y del Grado del programa de la Facultad de Ciencias Físicas (Universidad Complutense).

FORMACIÓN CONTINUADA

- Formación en Protección radiológica, protección al paciente, control de calidad y optimización en procedimientos con radiaciones ionizantes destinada a Médicos Especialistas, Diplomados en Enfermería, Técnicos Superiores en Radioterapia e Imagen para el Diagnóstico, y en general cualquier profesional del Hospital.
- Formación inicial o “de acogida”, en puestos de trabajo con exposición a radiaciones ionizantes.
- Formación específica, adaptada a colectivos o problemáticas concretas: profesionales intervinientes en radioterapia intraoperatoria, estudios con equipos portátiles de rayos X en UCIs, actuaciones de enfermería en quirófanos con uso de equipos de rayos X, etc.

Investigación y desarrollos propios

Como líneas más importantes están la participación en:

- Plataforma de Investigación *P.E.P.R.I.*, Plataforma Nacional de I+D en Protección Radiológica. Coordinación del grupo dedicado a las aplicaciones de las radiaciones en medicina.
- Instituto de Investigación Sanitaria Gregorio Marañón. A través de la colaboración con el Grupo de Imagen e Instrumentación Biomédicas, *BiiG*, en proyectos como *Hormesis inducida por radiación en Oncología* y Proyecto *RADCOV19: Nuevo sistema de diagnóstico radiológico pulmonar para COVID-19*.
- Ensayos clínicos con diferentes servicios (Oncología Radioterápica, Medicina Nuclear), que con frecuencia demandan la consecución de certificaciones de acreditación de los procedimientos de control de calidad que nuestro servicio aplica en las unidades de tratamiento y diagnóstico.
- Desarrollo de herramientas propias, que responden a necesidades específicas de nuestro servicio y otros externos (programas de cálculo y automatización, bases de datos, gestión del flujo de trabajo, etc.).

2.5 Actividad asistencial en el último año.

- Ejecución del Programa de Control de Calidad sobre las unidades de tratamiento de radioterapia (4 aceleradores lineales, 1 acelerador móvil para radioterapia intraoperatoria, 1 braquiterapia de alta tasa de dosis).
- Planificaciones dosimétricas de pacientes de radioterapia. Distribución según complejidad:

TÉCNICA DE TRATAMIENTO	2021
ELECTRONES	23
IMRT DMLC (Intensidad modulada dinámica)	6
"IMRT STEP & SHOOT"	
3D (3 dimensiones convencional)	669
SBRT (Radioterapia estereotáctica)	109
SBRT ABC (Con control respiratorio)	9
VMAT (Arco terapia volumétrica)	1169
VMAT ABC (Con control respiratorio)	3
TOTAL	1988

- Ejecución del Programa de Control de Calidad sobre las unidades de diagnóstico por la imagen (74 equipos, de los cuales 8 angiógrafos digitales, 6 CT, 3 mamógrafos digitales, 6 telemandos y 19 arcos radioquirúrgicos).
- Medida de dosis impartida al paciente por salas, en exploraciones típicas y comparación con niveles de referencia (60 equipos).
- Ejecución del Programa de Control de Calidad sobre las unidades de diagnóstico en Medicina Nuclear: 2 PET-CT, 2 SPECT-CT.
- Altas radiológicas y estudio dosimétrico en pacientes con terapia de Iodo-131: 97
- Altas radiológicas y estudio dosimétrico en pacientes con terapia de Lutecio-177: 16 pacientes.
- Procedimientos en pacientes con terapia de Ytrio-90: 29 pacientes.
- Procedimientos en pacientes con terapia de Holmio-166: 4 pacientes.
- Cálculos de dosis en feto en pacientes gestantes sometidas a exploraciones con radiaciones: 99 pacientes (98 en radiodiagnóstico, 1 en Medicina Nuclear).
- Retiradas de residuos radiactivos de la Instalación de Medicina Nuclear, así como gestión de las evacuaciones convencionales y a través de ENRESA

3. ORGANIZACIÓN DE LA DOCENCIA

3.1 Plazas acreditadas y tutores.

Se acreditan anualmente 2 plazas de nuevo ingreso para radiofísicos residentes.

TUTORES

- María Jesús García Hernández
- Miguel Alarcia Noci

3.2 Características generales del programa de la especialidad.

El especialista en Radiofísica Hospitalaria forma parte de un equipo multidisciplinar que incluye oncólogos radioterápicos, técnicos (especialistas en radioterapia, radiodiagnóstico, medicina nuclear), enfermeros, auxiliares y otros profesionales sanitarios, administrativos, y distintas instancias del hospital (como Ingeniería, Electromedicina) y su estructura de dirección, que trabajan en estrecha colaboración para proporcionar un uso de las radiaciones ionizantes de forma segura y eficaz.

El funcionamiento eficiente en este entorno requiere un amplio espectro de competencias profesionales, de colaboración y comunicación, así como aptitudes clínicas y valores éticos para la prestación de una atención de alta calidad y segura centrada en el paciente.

El especialista en Radiofísica Hospitalaria se apoya en un conjunto de conocimientos en constante evolución, que le permiten evaluar críticamente la información, asesorar sobre el tratamiento y los procedimientos de seguridad del paciente, además de ser responsable de la garantía de calidad de los equipos y los procedimientos relacionados con el uso seguro de la radiación. Su toma de decisiones se basa en las recomendaciones y protocolos emitidos por organismos nacionales e internacionales de reconocida solvencia.

3.3 Objetivos generales de formación.

Dotar al residente de los conocimientos y herramientas necesarias para su desempeño futuro en la profesión de manera eficaz e independiente.

3.4 Programa de formación del RFIR y cronograma de las rotaciones.

La formación se dividirá en dos áreas básicas principales:

- Radiofísica en radioterapia
- Radiofísica en radiología y en medicina nuclear y Protección Radiológica

El residente realizará inicialmente un año de formación en una de las dos áreas y continuará otro año en la otra área. En estos dos primeros años asimilará todos los conocimientos y destrezas básicos para el desempeño de la profesión en cada una de las áreas.

Seguidamente volverá un semestre a la primera área donde empezó y realizará el último semestre de su residencia en la otra área restante. En este último año, con la visión general adquirida sobre toda la especialidad, profundizará y perfeccionará determinados aspectos, realizará las rotaciones externas aconsejadas y se establecerá para cada residente, de manera individualizada según su trayectoria hasta entonces en la formación, la estructura y contenidos de este último periodo, incluyendo la posibilidad de realizar proyectos o desarrollos, en los que se implique y tome importancia su iniciativa y autonomía, a modo de “fin de residencia”.

Cada uno de los residentes que empiezan a la vez en una promoción se destinan (por sorteo) a una de las áreas de manera que no coincidan.

Radiofísica en Radioterapia

La formación específica en Radioterapia debe orientarse hacia la consecución de competencias en los aspectos físicos de la Radioterapia, como el desarrollo, modificación y garantía de calidad de la tecnología médica (unidades de radiación y sistemas de cálculo) y planificación dosimétrica para el tratamiento de pacientes en Radioterapia.

Se ha estructurado la formación cronológicamente de acuerdo al siguiente esquema, indicando el responsable de la formación de cada apartado, que realizará el seguimiento de la consecución de los objetivos alcanzados en el apartado formativo correspondiente.

PRIMER SEMESTRE

- Responsable: M^º Jesús García Hernández
 - Uso clínico de aceleradores.
 - Planificación de tratamientos de radioterapia externa 3D
 - Dosimetría de referencia I
 - Dosimetría relativa. Equipamiento dosimétrico

- Responsable: Gema Ruiz Galán
 - Tecnología de la información y la comunicación con red de registro
 - Protocolos de adquisición para planificación del tratamiento en TC4D
 - Sistemas de inmovilización. Caracterización en el sistema de planificación

- Responsable: Rafael Ayala Lázaro
 - Planificación de tratamientos con VMAT
 - Verificación dosimétrica individualizada.
 - Acelerador dedicado a tratamientos de radioterapia intraoperatoria LIAC

SEGUNDO SEMESTRE

- Responsable: Cristina González Ruiz
 - Braquiterapia. Dosimetría física
- Responsable: M^a Jesús García Hernández
 - Braquiterapia. Dosimetría clínica
 - Dosimetría de referencia II
 - Imagen 4D
 - DIBH
- Responsable: Rocío García Marcos
 - Radiobiología y modelos radiobiológicos
 - Gestión de riesgos, control de calidad y seguridad en el entorno médico
 - Protocolos IGRT
- Responsable: Gema Ruiz Galán
 - Control de calidad de planificadores
 - Algoritmos de cálculo de dosis
- Responsable: Rafael Ayala Lázaro
 - Tratamiento de datos, estadística, modelización e inteligencia artificial
 - SBRT

TERCER SEMESTRE

- Rotación interna en las unidades de tratamiento y simulación
- Rotaciones externas para completar formación en técnicas no existentes en el servicio
- Investigación

Radiofísica en Radiología y en Medicina Nuclear y Protección Radiológica

La formación referente a radiofísica en radiología y en medicina nuclear y protección radiológica se llevará a cabo por la Sección de Radioprotección del Servicio. Ésta se organiza en las siguientes subáreas básicas, cada una de ellas impartida en un periodo determinado y con un radiofísico adjunto responsable de referencia:

- Subárea de Radiodiagnóstico: 1^{er} y 2^{er} semestre. 3^{er} semestre únicamente equipos complejos. Adjunto: Miguel Alarcia.

- Subárea de Medicina Nuclear: 1^{er}, 2^{er} y 3^{er} semestre. Rotación interna previa en el Servicio de Medicina Nuclear a finales del 1^{er} semestre. Adjunto: Cristina González.
- Subárea de Protección Radiológica: 1^{er}, 2^{er} y 3^{er} semestre. Adjunto: Fernando Sierra, Cristina González, Miguel Alarcia.

SUBÁREA DE RADIODIAGNÓSTICO

- Estudios clínicos
- Equipamiento y Control de Calidad
- Calidad de imagen en Radiodiagnóstico
- Dosimetría a pacientes

SUBÁREA DE MEDICINA NUCLEAR

- Estudios clínicos
- Técnicas con uso de isótopos radiactivos marcados con radiofármacos
- Equipamiento y Control de Calidad
- Estudios de imagen tomográfica con radionucleidos
- Dosimetría interna a pacientes

SUBÁREA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

- Conceptos generales
- Instrumentación
- Material radiactivo
- Cálculo de barreras
- Legislación
- Formación impartida

3.5 Guardias.

El residente realizará una guardia semanal teniendo en cuenta las necesidades del servicio y que los aspectos formativos que se pueden cubrir con ella sean de interés, o no puedan ser cubiertos en horario habitual.

3.6 Rotaciones externas

Por parte de la Unidad Docente se apoyará cualquier iniciativa para realizar rotaciones externas durante un periodo máximo del 10% del periodo de residencia.

Las rotaciones externas serán solicitadas al tutor, por el residente que esté interesado, especificando los objetivos que se pretenden, que deben referirse a una ampliación de

conocimientos o al aprendizaje de técnicas no practicadas en el centro. Dicha solicitud se tramitará a la Comisión de Docencia del hospital que es quien debe autorizarla.

Además, deberá entregar la ficha de evaluación, emitida por el centro donde se ha realizado la actividad y firmado por el tutor o responsable de dicha unidad.

3.7 Supervisión y evaluación de la formación

Libro de residentes: Es un instrumento documental en el que el residente registra las actividades que realiza durante cada año de su periodo formativo. Por lo tanto, es una herramienta que sirve de soporte para el seguimiento y la supervisión del tutor, para evaluar la adquisición de competencias del residente y que actúa como guía para documentar la evaluación del residente que periódicamente es presentada a la Unidad Docente del Hospital por el Jefe de la unidad y el Tutor de residentes. Es obligatoria su cumplimentación y es propiedad del residente

Entrevista periódica con el tutor: Se realizarán cuatro entrevistas por cada año formativo con el residente. Se revisarán los objetivos alcanzados y los que no, las sesiones clínicas a las que se ha asistido y en las que ha participado y las actividades formativas paralelas: Cursos, jornadas y seminarios. Se fijarán las rotaciones que sean convenientes para que el residente complete su formación en técnicas que este hospital no tiene implantadas.

Por el tamaño de nuestro servicio, y estructura de la formación, existe un contacto diario y continuo con los residentes en formación, por lo que en realidad cualquier tema o aspecto de la formación es tratado con los tutores y el jefe de la Unidad de Radiofísica en el momento en que se plantea.

Informe anual: El conjunto de valoraciones trimestrales, los datos cumplimentados en el libro del residente y las evaluaciones de las rotaciones efectuadas, permiten al tutor elaborar el informe anual que remitirá a la Comisión de docencia para adjuntar al expediente del residente

4. ACTIVIDADES DOCENTES

4.1 Sesiones del servicio, interdepartamentales y generales.

El incesante cambio y evolución tecnológica y su repercusión en los procedimientos sanitarios, así como en la organización de los sistemas de salud, y sociales en general, obligan a mantener y mejorar constantemente las competencias del profesional como un deber ético de ofrecer el mejor trato al paciente posible. La formación continuada es una herramienta muy potente para lograr este fin.

Así mismo, es necesario una referencia que discrimine la calidad de formación ofrecida, y esto se ha desarrollado oficialmente mediante un proceso administrativo común dentro del Sistema Nacional de Salud para acreditar el cumplimiento de unos requisitos mínimos de calidad de una actividad docente de formación continuada sanitaria.

Esta acreditación tiene por tanto la finalidad de otorgar un distintivo de calidad a la acción docente para el servicio que solicita la acreditación, al verificar que cumple los requerimientos en cuanto al diseño, contenidos y competencia de los docentes.

El ciclo de sesiones clínicas ofreciéndose actualmente en el Servicio comprende un periodo formativo de 6 meses, con programación semanal y una duración total de 33 horas, incluyendo contenidos teórico-prácticos en las siguientes áreas de conocimiento:

- Fundamentos de física de la radiación, dosimetría y nano-dosimetría
- Radiobiología y modelos radiobiológicos
- Protección radiológica
- Dosimetría en radiodiagnóstico
- Gestión de riesgos, control de calidad y seguridad en el entorno médico
- Organización, gestión y cuestiones éticas en la asistencia sanitaria
- Tecnologías de la información y la comunicación
- Tratamiento de datos, estadística y análisis de tratamientos localizados. Caso en edición actual: tratamientos de mama
- Fundamentos de la oncología y del tratamiento multimodal en localizaciones de mama, ORL, ginecológica y pulmón
- Verificación automatizada del tratamiento
- Imagen médica y avances en radiodiagnóstico
- Imagen médica y estudio del movimiento
- Seguridad del paciente
- Braquiterapia
- Dosimetría en vivo
- Terapia de partículas (electrones) para radioterapia intraoperatoria

4.2 Plan de Formación en Competencias Genéricas Transversales

En años anteriores se han realizado cursos de carácter general y transversal al ámbito sanitario. Algunos ejemplos de cursos impartidos son: Sistemas de Información; Seguridad de la Información y Protección de datos; Atención al Paciente; Violencia, detección y pautas de actuación; Bioética, Humanización, Investigación e Innovación; Seguridad del Paciente, Riesgos Laborales durante la residencia, etc.

4.3 Congresos y cursos de la especialidad.

Congresos:

- Congreso bianual Conjunto SEFM-SEPR
- Congreso SEOR
- ESTRO
- European Congress of Medical Physics (EFOMP)

Cursos:

- Baeza
- Cursos organizados por la SEFM, ESTRO...

4.4 Participación del RFIR en la docencia.

Los residentes de Radiofísica Hospitalaria, además de recibir una formación, deben participar en seminarios, sesiones científicas, congresos y cursos.

Se contará a su vez con su colaboración para impartir clases en aquellos cursos y seminarios que organice el Servicio.

5. ACTIVIDADES CIENTÍFICAS Y PUBLICACIONES

5.1 Formación en investigación.

Tal como se establece la ley 44/2003, los profesionales sanitarios, (entre los que están los Especialistas en Radiofísica Hospitalaria), desarrollan funciones en los ámbitos asistencial, investigador, docente, de gestión clínica, de prevención y de información y educación sanitarias.

La investigación debe ser por tanto un área importante de actividad para la Unidad Docente de Radiofísica Hospitalaria. El Residente debe alcanzar un grado adecuado de entrenamiento en investigación al terminar su residencia.

- Como objetivo fundamental para desarrollar las habilidades necesarias para abordar tareas de investigación, se tratará de que el residente, a lo largo de su periodo formativo, se proponga y alcance la publicación de algún trabajo científico en el que esté plenamente involucrado, y asuma la parte fundamental del mismo, en alguna de las revistas nacionales principales en la publicación de trabajos del ámbito de la radiofísica hospitalaria. Éstas son la revista de la Sociedad Española de Física Médica y de la Sociedad Española de Protección Radiológica.
- Se incide también en el desarrollo de herramientas propias, que responden a distintas necesidades específicas de nuestro servicio y de otros externos (automatización de procesos, análisis de datos, creación o actualización de procedimientos de uso de nueva tecnología).

Se tratará de que el residente se implique en todo el proceso, desde la sugerencia de un nuevo desarrollo, su definición y concreción de objetivos que debe cumplir, hasta su desarrollo efectivo y puesta en funcionamiento.

Lo anterior se complementará con asistencia a cursos que puedan aportar conocimientos y destrezas útiles para investigación, como:

- Estadística.
- Búsqueda bibliográfica.
- Medicina basada en la evidencia.
- Cómo presentar trabajos u organizar proyectos de investigación.
- Herramientas informáticas para el desarrollo de software como Python, Montecarlo, etc.

Se impulsará al residente para que aprenda a elaborar comunicaciones científicas en el formato habitual adaptado a su presentación en los foros y congresos de la especialidad. Para ello se prestará atención para que adquiera la destreza y habilidades comunicativas necesarias para exponer correctamente el contenido de un trabajo de este tipo.

Se tratará de que lo lleve a efecto de manera práctica y para ello son de elección los congresos más relacionados con el campo de nuestra especialidad:

- Congreso Nacional de las Sociedades Españolas de Física Médica y Protección Radiológica (SEFM-SEPR).
- European Society for Radiotherapy and Oncology. (ESTRO).
- European Federation of Organisations for Medical Physics (EFOMP).

Se tratará de que el residente esté presente y adquiera o actualice los conocimientos relacionados con el desarrollo y puesta en marcha de nuevas técnicas.

5.2 Participación en ensayos clínicos.

El residente debe acostumbrarse al formato específico que implica la investigación en el ámbito sanitario asistencial, conociendo en detalle el desarrollo de los ensayos clínicos, sus implicaciones, necesidades que se demandan de nuestro servicio habitualmente desde ellos, y en especial el carácter multi-disciplinar de los profesionales que intervienen y su forma de interaccionar.

Se pondrá en su conocimiento lo relativo a alguno de los que están realizándose con participación de nuestro servicio, y especialmente se intentará que el residente se involucre en uno de los que se estén poniendo en marcha.

5.3 Publicaciones y comunicaciones a congresos y cursos.

El radiofísico tiene un papel esencial en la innovación técnica y física para mejorar las aplicaciones diagnósticas y terapéuticas. Por ello, ya desde su formación debe realizar e iniciar la investigación científica en tecnología médica, aplicar los resultados para mejorar la protección radiológica en el entorno sanitario y la seguridad del paciente y comunicar sus resultados en revistas y congresos científicos.

A lo largo de su formación se fomentará la inquietud por investigación y el desarrollo para avanzar en la práctica de la física médica, así como el cumplimiento de los códigos éticos y profesionales.

5.4 Planificación para la realización de la Tesis Doctoral.

- Programas de Doctorado: Se apoya al Residente si propone su matriculación en alguna Universidad en la que pueda desarrollar los estudios teóricos y de investigación que le permitan optar, al finalizar los mismos, al grado de doctor.

- Se proporcionará, en las etapas iniciales del periodo formativo, todo el conocimiento y contactos disponibles acerca de los departamentos en universidades, grupos y centros de investigación, etc. así como de los temas y materias que pueden ser de interés en cada momento para el desarrollo de tesis doctorales en el campo de la física médica.

6. MATERIAL DOCENTE

6.1 Libros de la especialidad

Radioterapia

- Fundamentos de Física Médica. Volumen 3, Radioterapia externa I: Bases físicas, equipos, determinación de la dosis absorbida y control de calidad
- Fundamentos de Física Médica. Volumen 4, Radioterapia externa II: Dosimetría clínica, algoritmos de cálculo, sistemas de planificación y control de calidad
- Fundamentos de Física Médica. Volumen 5, Braquiterapia: Bases físicas, equipos y control de calidad
- Fundamentos de Física Médica. Volumen 8, Radiobiología y principios de Oncología
- Radiation Oncology Physics, A Handbook for Teachers and Students. IAEA, 2005
- Handbook of Radiotherapy Physics, Theory and Practice. P. Mayles, A. Nahum, J. C. Rosenwald, Ed. Taylor & Francis, 2007
- Andreo P, Burns DT, Nahum AE, Seuntjens J, Attix FH. Fundamentals of ionizing radiation dosimetry. Wiley-VCH 2017.
- Graham DT, Cloke P. Principles and Applications of Radiological Physics. 6th Ed. Churchill Livingstone 2011
- Attix FA. Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry. John Wiley & Sons, 2008.
- Basic Clinical Radiobiology 5th edition. Edited by Michael C. Joiner, Albert J. van der Kogel (2018)
- IAEA. Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy, Safety Reports Series No. 17 (2000)
- Educational Course on DICOM-RT <https://ssrpm.ch/cours-dicom-rt/>
- Dosimetry of small static fields used in External beam radiotherapy- International code of practice for relative and reference dose determination, TRS 483
- Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy, An International Code of Practice for Dosimetry Based on Standards of Absorbed Dose to Water. TRS-398, IAEA, Vienna, 2000
- Comprehensive Brachytherapy: Physical and Clinical Aspects. Venselaar J., Baltas D., Meigooni A., Hoskin P., Imaging in Medical Diagnosis and Therapy, William R. Hendee, Series Editor. CRC/Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 2013. Hardback 535 pp. ISBN: 9781439844984
- Goodman, N.W. & Edwards, M.B, Medical writing – a prescription for clarity, Cambridge University Press 2006
- IAEA Human Health Serie nº 25, 2013, Roles and Responsibilities, and Education and Training requirements for Clinical Qualified Medical Physicists

Radiodiagnóstico

- Fundamentos de Física Médica. Volumen 2, Radiodiagnóstico: Bases físicas, equipos y control de calidad

- Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico. SEFM, SEPR, SERAM. Edición 2011
- Protocolo de control de calidad de sistemas de tomosíntesis de mama. SEFM, SEDIM, SEPR. 2020
- Procedimientos recomendados para la dosimetría de rayos X de energías entre 20 y 150 keV en radiodiagnóstico
- Diagnostic Radiology Physics, A Handbook for Teachers and Students. IAEA, 2014
- Medical Imaging Physics. W. Hendee, E. R. Ritenour, Ed. Wiley Liss, 2002
- Introducción al control de calidad en radiología digital. SEFM, 2013
- Radiation Exposure and Image Quality in X-Ray Diagnostic Radiology. H. Aichinger, Ed. Springer, 2012
- Fundamentals of digital imaging in medicine. R. Bourne, Ed. Springer, 2010
- The Essential Physics of Medical Imaging. J. T. Bushberg, J. A. Seibert, Ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2012

Medicina Nuclear

- Fundamentos de Física Médica. Volumen 6, Medicina nuclear: Bases físicas, equipos y control de calidad
- Protocolo de control de calidad de la instrumentación de medicina nuclear. SEFM, SEMNIM, SEPR. versión 2020
- Filtros en medicina nuclear. R. Puchal. SEFM, 2017
- Nuclear Medicine Physics, A Handbook for Teachers and Students. IAEA, 2014
- Essential Nuclear Medicine Physics and Instrumentation. R. A. Powsner, Ed. Wiley Blackwell, 2013
- Physics in Nuclear Medicine. S. R. Cherry, J. A. Sorenson, Ed. Saunders, 2012
- Physics and Radiobiology of Nuclear Medicine. G. B. Saha, Ed. Springer, 2013
- Essentials of Nuclear Medicine Image. R. A. Mettler Jr., M. J. Guiberteau, Ed. Elsevier Saunders, 2012
- Basic of PET Imaging: Physics, Chemistry, and Regulations. G. B. Saha, Ed. Springer, 2016
- PET: Physics, instrumentation, and scanners. M. E. Phelps, Ed. Springer, 2006

Protección Radiológica

- Fundamentos de Física Médica. Volumen 1, Medida de la radiación
- Fundamentos de Física Médica. Volumen 7, Protección radiológica hospitalaria
- An Introduction to Radiation Protection. A. Martin, S. Harbison, Ed. Taylor & Francis, 2019
- An Introduction to Radiation Protection in Medicine. J. V. Trapp, T. Kron, Ed. Taylor & Francis, 2008
- Radiation Protection in Medical Imaging and Radiation Oncology. R. J. Vetter, M: S. Stoeva, Ed. CRC Press 2016
- Ethics for Radiation Protection in Medicine. J. Malone, F. Zölzer, Ed CRC Press 2019
- Radiation Protection in Nuclear Medicine. S. Mattsson, C. Hoeschen, Ed. Springer, 2013

6.2 Bases de datos y revistas electrónicas

<http://revistadefisicamedica.es/index.php/rfm>

<https://www.sepr.es/profesionales/radioproteccion-revista>

<https://www.iaea.org/es/publicaciones>

<https://www.aapm.org/pubs/reports/>

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

<https://www.cochranelibrary.com/es/>

<https://www.embase.com/>

<https://www.recursoscientificos.fecyt.es/>

6.3 Páginas web recomendables

<https://sefm.es/>

<https://www.sepr.es/>

<https://www.icrp.org/>

<https://www.iaea.org/es>

<https://www.aapm.org/>

<https://www.efomp.org/>

<https://www.estro.org/>

<https://docs.pymedphys.com/>

Madrid, 28 de Marzo de 2022

Fdo: Miguel Alarcia Noci.
Radiofísico, Tutor de Residentes
Servicio de Dosimetría y Radioprotección

Fdo: María Jesús García Hernández.
Radiofísico, Tutor de Residentes
Servicio de Dosimetría y Radioprotección

Fdo: Fernando Sierra Díaz.
Jefe del Servicio de Dosimetría y Radioprotección
(Jefe de la Unidad Docente de Radiofísica Hospitalaria)