

Este informe recoge la opinión colectiva de un grupo internacional de especialistas y no representa necesariamente el criterio ni la política del Organismo Internacional de Energía Atómica y de la Organización Mundial de la Salud.

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD
SERIE DE INFORMES TECNICOS

Nº 390

RADIOFISICA MEDICA

Informe
de un Comité Mixto de Expertos
OIEA/OMS

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

GINEBRA

1968

© Organización Mundial de la Salud, 1968

Las publicaciones de la Organización Mundial de la Salud están acogidas a la protección prevista por las disposiciones sobre reproducción de originales del Protocolo 2 de la Convención Universal sobre Derecho de Autor. Ello no obstante, los organismos gubernamentales, las sociedades culturales y científicas y las asociaciones profesionales pueden reproducir ilustraciones, datos o extractos de esas publicaciones sin necesidad de pedir autorización a la Organización Mundial de la Salud.

Las entidades interesadas en reproducir o traducir íntegramente alguna publicación de la OMS deberán solicitar la oportuna autorización de la División de Servicios de Edición y de Documentación, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza. La Organización Mundial de la Salud dará a esas solicitudes consideración muy favorable.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que se presentan los datos que contiene no implican, por parte del Director General de la Organización Mundial de la Salud, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países o territorios citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras.

La mención de determinadas sociedades mercantiles o del nombre comercial de ciertos productos no implica que la OMS los apruebe o recomiende con preferencia a otros análogos. Salvo error u omisión, las marcas registradas de artículos o productos de esta naturaleza se distinguen en las publicaciones de la OMS por una letra inicial mayúscula.

PRINTED IN SWITZERLAND

INDICE

	Página
1. Lugar de la radiofísica médica en los servicios sanitarios	5
1.1 Radioterapia.	6
1.2 Medicina nuclear	6
1.3 Radiodiagnóstico	8
1.4 Protección contra las radiaciones	9
2. Extensión de las aplicaciones médicas de la física	9
3. Enseñanzas e investigaciones de física médica	10
4. Necesidades actuales y futuras en materia de física médica	11
4.1 Reseña de la situación actual.	11
4.2 Institución de la física médica como especialidad	12
4.3 Iniciación de programas de física médica	12
4.4 Medios de reducir las necesidades en materia de física médica	13
5. Formación y empleo de los especialistas en física médica	15
5.1 Contratación.	15
5.2 Programas de formación.	16
5.3 La profesión de especialista en física médica	18
6. Resumen y recomendaciones	18
Anexo. Lista de documentos de trabajo inéditos	20

COMITE MIXTO DE EXPERTOS OIEA/OMS
EN RADIOFISICA MEDICA

Ginebra, 12-18 de diciembre de 1967

*Miembros : **

- Dr. Yves Bresson, Profesor Agregado, Facultad de Medicina, Universidad de Dakar, Senegal
- Dr. Tawan Surawongse Bunnag, Jefe del Departamento de Radiología, Hospital Clínico Chulalongkorn, Universidad de Ciencias Médicas, Bangkok, Tailandia
- Dr. O. Chomicki, Departamento de Isótopos, Hospital Bielanski, Varsovia, Polonia
- Profesora Irina G. Lagunova, Directora del Instituto de Roentgenología y Radiología, Moscú, URSS (*Vicepresidente*)
- Profesor J. H. Lawrence, Director del Laboratorio Donner de Física Médica y Biofísica ; Director Adjunto, Laboratorio Lawrence de Radiaciones, Universidad de California, Berkeley, Cal., Estados Unidos de América
- Profesor W. V. Mayneord, 7 Downs Way Close, Tadworth, Surrey, Inglaterra
- Dr. H. M. Parker, Laboratorios Pacific Northwest, Instituto Battelle Memorial, Richland, Wash., Estados Unidos de América (*Presidente*)
- Profesor J. Reboul, Servicio de Electrorradiología, Hospital Saint-André, Burdeos, Francia
- Dr. E. Strajman, Profesor de Física Biológica, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de Buenos Aires, Argentina
- Profesor R. Walstam, Instituto de Radiofísica, Estocolmo, Suecia
- Dr. E. W. Webster, Profesor Clínico Adjunto de Física Radiológica, Escuela de Medicina de Harvard, Boston, Mass., USA (*Relator*)
- Profesor Sir Brian Windeyer, Decano, Hospital Clínico Middlesex, The Middlesex Hospital, Londres, Inglaterra

Secretaría :

- Dr. E. H. Belcher, Jefe de la Sección de Medicina Nuclear, OIEA, Viena, Austria (*Co-secretario*)
- Dr. J. F. Patiño, Director de la Federación Pan Americana de Asociaciones de Escuelas de Medicina, Bogotá, Colombia (*Consultor*)
- Mr. P. M. Pfalzner, Jefe de la Sección de Dosimetría, OIEA, Viena, Austria (*Co-secretario*)
- Dr. W. Seelentag, Jefe del Servicio de Higiene de las Radiaciones, OMS, Ginebra, Suiza (*Co-secretario*)
- Sr. B. D. P. Williamson, Oficial Principal de Radiaciones, Laboratorio Nacional de Radiaciones, Christchurch, Nueva Zelandia (*Consultor*)

¹No pudo asistir a la Reunión el Coronel R. D. Ayyar, Superintendente Médico, Hospital Safdarjang, Nueva Delhi, India.

RADIOFISICA MEDICA

Informe de un Comité Mixto de Expertos OIEA/OMS

Del 12 al 18 de diciembre de 1967 se reunió en Ginebra un Comité Mixto OIEA/OMS de Expertos en Radiofísica Médica. El Dr. P. Dorolle, Director General Adjunto de la Organización Mundial de la Salud, abrió la reunión y dio la bienvenida a los participantes en nombre de ambas organizaciones.

El Dr. Dorolle puso de relieve la especialización creciente de la medicina y la necesidad de recurrir a las ciencias naturales para perfeccionar y utilizar los diferentes métodos de diagnóstico y tratamiento. Después de destacar el importante papel de la física en la medicina moderna, especialmente en lo que respecta a la utilización de las radiaciones ionizantes y de los radioisótopos en radioterapia, radiodiagnóstico y medicina nuclear, el Dr. Dorolle insistió en la necesidad de dar una preparación especial a los físicos que han de trabajar en estos sectores de actividad. La contratación de personal competente reviste una importancia particular en los países que aún no cuentan con servicios de física médica.

El Comité eligió Presidente al Dr. H. M. Parker, Vicepresidente a la Profesora I. G. Lagunova y Relator al Dr. E. W. Webster.

Los documentos de trabajo inéditos presentados al Comité se relacionan en la página del anexo. En ellos se examina el estado actual de la física médica en diversos países, se dan detalles sobre los programas de formación en esta especialidad y se proponen medios para atender las necesidades en materia de servicios de física médica.

1. LUGAR DE LA RADIOFISICA MEDICA EN LOS SERVICIOS SANITARIOS

A juicio del Comité la radiofísica médica ha desempeñado y sigue desempeñando una importante función en la asistencia médica y en los servicios sanitarios. La importancia de esta disciplina en radioterapia ha quedado de manifiesto en anteriores reuniones convocadas conjuntamente por la OMS y el OIEA.¹ La física desempeña asimismo un importante

¹ Reunión mixta OIEA/OMS (1963) *Métodos prácticos de asistencia a los centros de radioterapia de las regiones menos desarrolladas*: *Acta Radiol. (Estocolmo)*, N. S. 1, 217 & *Brit. J. Radiol.*, 36, 453; Reunión mixta OIEA/OMS (1966) *Organización de los servicios de radioterapia*, Ginebra, (*Org. mund. Salud Ser. Inf. técn.*, 328).

papel en medicina nuclear, radiodiagnóstico, protección contra las radiaciones y otras especialidades médicas.

1.1 Radioterapia

La radiofísica es en todos los casos el elemento esencial del tratamiento con radiaciones. Las actividades del físico en relación con la radioterapia se han descrito detalladamente en los informes de las dos reuniones mixtas OIEA/OMS antes mencionadas. El físico presta diversos servicios relacionados con el tratamiento de los enfermos, con la enseñanza y con la investigación. Responsable ante el radioterapeuta, está encargado como mínimo de :

- a) ocuparse de todos los problemas de dosimetría de las radiaciones en terapéutica externa y en braquiterapia ; ¹
- b) colaborar en la preparación de planes de tratamiento y en la verificación de la exacta ejecución de los mismos ;
- c) asumir la responsabilidad de todos los problemas físicos de la protección contra las radiaciones ;
- d) concebir accesorios tales como dispositivos de orientación de haces y dirigir su construcción ;
- e) velar en general por la conservación del material ;
- f) dar asesoramiento sobre la elección de nuevo material de radioterapia y sobre la construcción de los edificios destinados a las instalaciones de física.

Es también función importante del físico introducir en el departamento de radioterapia los últimos adelantos científicos y técnicos.

1.2 Medicina nuclear

A los efectos del presente informe, el término medicina nuclear abarca todas las aplicaciones de las sustancias radiactivas en el diagnóstico, en el tratamiento y en las investigaciones médicas, excepción hecha de la utilización en radioterapia de fuentes cerradas de radiaciones.

La posición que ocupa la medicina nuclear en la estructura administrativa varía según los países y los establecimientos médicos interesados ; esta disciplina puede entrar en la esfera de competencia de varios departamentos. Cualquiera que sea la situación local, las técnicas de la medicina nuclear son hoy tan complejas y los instrumentos tan perfeccionados que sólo un personal especialmente preparado y que disponga de instalaciones

¹ OIEA (1967) *Physical aspects of radioisotope brachytherapy*, Viena (*Techn. Rep. Ser.*, N° 75).

adecuadas debe emprender trabajos en esta esfera. Por todo ello es indispensable que los servicios de medicina nuclear estén más o menos centralizados en una región e incluso en una institución determinada.

La medicina nuclear es por naturaleza una actividad que exige la colaboración de personal de diversas disciplinas. Incumbe al médico la responsabilidad final de interpretar los resultados de una técnica de diagnóstico o de prescribir un plan de tratamiento, pero el funcionamiento de un servicio de medicina nuclear puede exigir la participación directa o indirecta de físicos, químicos, radiobiólogos, matemáticos e ingenieros de electrónica, todos ellos especialmente impuestos en las técnicas de la medicina nuclear. En los laboratorios y en las clínicas hacen falta técnicos que se encarguen de la ejecución de los diversos trabajos y de la conservación de los instrumentos. La organización de un servicio de conservación de instrumentos reviste especial importancia para la buena marcha de un servicio de medicina nuclear.

En el estado actual de desarrollo de la medicina nuclear, la función del especialista en física médica es particularmente importante, aunque es de prever que la simplificación y la automatización crecientes de las técnicas permitan reducir gradualmente su participación en los trabajos corrientes. En un servicio de medicina nuclear las funciones del especialista en física médica pueden comprender la inspección de los pedidos, la distribución y el almacenamiento de sustancias radiactivas, el suministro, la calibración y el ensayo de instrumentos para medir la radiactividad o las radiaciones, la verificación de esas medidas y el análisis de los datos resultantes y, por último, la aplicación de las reglas de seguridad relativas a la manipulación de las sustancias y a la evacuación de los desechos radiactivos.

Las necesidades de un servicio de medicina nuclear en materia de especialistas en física médica dependen, por supuesto, de la amplitud de sus actividades. Un servicio pequeño que no tenga más cometido que aplicar un número limitado de técnicas simples puede estar dirigido por un médico convenientemente preparado, que sólo necesitará recibir de cuando en cuando asesoramiento sobre problemas de física médica. Si el hospital del que depende el servicio dispone de un departamento de radioterapia y éste cuenta, como suele suceder, con un servicio de física médica, se puede contratar a un especialista suficientemente competente de este servicio para que trabaje a tiempo parcial en el de medicina nuclear. Otra solución consiste en contratar a tiempo parcial a un especialista en física médica de un servicio más importante de medicina nuclear dependiente de otro hospital de la misma región. Si no es posible un arreglo de este tipo se podría contratar en calidad de asesor a tiempo parcial a un físico del personal de la universidad local o de un centro de energía atómica, pero esta solución debe considerarse como una medida puramente provisional y rara vez será enteramente satisfactoria, ya que lo más probable es que una persona contratada en esas condiciones no esté al corriente de los

aspectos médicos y biológicos de los métodos que han de aplicarse. El funcionamiento de un servicio importante de medicina nuclear que aplique una gran diversidad de procedimientos sin la participación a tiempo completo de por lo menos un especialista en física médica con gran experiencia representaría una pesada carga en tiempo y en trabajo para el personal médico.

1.3 Radiodiagnóstico

Conviene prestar mayor atención a los problemas de física relacionados con el radiodiagnóstico.

En la fase inicial de la organización de los departamentos de radiodiagnóstico, el físico puede contribuir decisivamente a resolver problemas de protección y a elegir el material. Una vez instalado un equipo de rayos X, conviene efectuar mediciones para cerciorarse de que el manejo de los instrumentos no ofrece peligro. Es importante también que el físico compruebe que las técnicas de aplicación corriente están normalizadas y dan los mejores resultados posibles, por ejemplo, que las técnicas fotográficas utilizadas permiten obtener clichés de la máxima nitidez. Se recomienda, asimismo, que un físico competente se encargue luego del calibrado periódico del equipo de diagnóstico.

La colaboración del físico es particularmente necesaria en los grandes departamentos que ejecutan trabajos especiales, como, por ejemplo, la ampliación de angiografías y mastografías.

Por otra parte, el físico puede, en muchos casos, proponer sencillas modificaciones técnicas que permiten reducir sensiblemente la dosis de radiaciones que recibe el paciente. La importancia de esta intervención puede ser considerable pues, como es sabido, las dosis recibidas en el curso de los exámenes radiológicos de diagnóstico contribuyen a aumentar la dosis que recibe el conjunto de la población y que puede tener consecuencias genéticas.

El físico puede también participar en el montaje, el ensayo y el calibrado de instrumentos que exigen conocimientos de electrónica; en efecto, el empleo con fines médicos de sistemas como los circuitos de televisión es cada vez más frecuente y sólo una conservación escrupulosa del material puede asegurar su adecuado funcionamiento.

Por último, el físico puede desempeñar una importante función docente en el departamento de radiodiagnóstico exponiendo con claridad no sólo los problemas de la protección contra las radiaciones, sino también los principios de física que sirven de base a las técnicas empleadas. Estas enseñanzas son particularmente importantes para la formación de técnicos de radiografía, enfermeras, etc. El físico también puede enseñar a los médicos que trabajan con él los principios físicos del radiodiagnóstico y sacar a su vez provecho de este intercambio de conocimientos.

1.4 Protección contra las radiaciones

En este informe se excluye toda consideración sobre los aspectos más generales de la protección contra las radiaciones por ser cuestión que, fuera de los establecimientos médicos, incumbe a los físicos sanitarios.¹ Conviene, sin embargo, reconocer la existencia de estrechas relaciones entre el físico médico y el físico sanitario. En efecto, además de que su formación presenta múltiples puntos comunes, numerosos problemas importantes de la protección radiológica están relacionados con las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes y de sustancias radiactivas.²

El físico médico desempeña un importante papel en el estudio de diversos problemas mesológicos y epidemiológicos esenciales para la salud mundial.³

2. EXTENSION DE LAS APLICACIONES MEDICAS DE LA FISICA

En los últimos decenios las aplicaciones médicas de la física se han limitado principalmente a sectores relacionados con las radiaciones ionizantes, como se indica en las secciones 1.1 a 1.4. El Comité reconoce que el campo de esas aplicaciones y el de otras disciplinas científicas y técnicas podría haber sido, desde hace largo tiempo, mucho más amplio.

Por otra parte, el Comité estima que la aportación de la ciencia y de la técnica a la medicina atraviesa una fase de expansión rápida por dos razones :

1. El éxito manifiesto de la física en ciertas ramas de la medicina, como cardiología, neurología, psiquiatría, oftalmología, otología y cirugía, suscita en la actualidad un interés creciente por la acción recíproca de ambas disciplinas.⁴

2. La variedad de aplicaciones médicas de la física aumenta rápidamente gracias a los progresos de la electrónica. la física de los ultrasonidos, las técnicas de utilización del láser, etc.

¹ Organismo Internacional de Energía Atómica (1965) *Organización de los Servicios de Protección Radiológica*, Viena (OIEA Colección Seguridad, N° 13) ; Comité de Expertos de la OMS en Radiaciones (1963) *Función de los Servicios de Sanidad en la Protección contra las Radiaciones*, Ginebra (*Org. mund. Salud Ser. Inf. técn.*, 254).

² Gran Bretaña, Committee on Radiological Hazards to Patients (1960) *Second report*, Londres, H. M. Stationery Office.

³ Naciones Unidas, Comité Científico para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (1966) *Informe de la Asamblea General, Documentos Oficiales, 21º Periodo de Sesiones, Suplemento N° 14*, Nueva York.

⁴ Fowler, J. F., ed. (1962) *The scope of physics applied to medicine*, Londres, The Hospital Physicists' Association.

Cabe pensar que estas aplicaciones de la ciencia y de la técnica a la medicina están llamadas a adquirir una importancia creciente comparadas con las que constituyen el campo de la radiofísica médica actual.

3. ENSEÑANZAS E INVESTIGACIONES DE FISICA MEDICA

La física médica puede considerarse como un puente entre la medicina y las ciencias físicas ; por ello, incumben al especialista de esa disciplina funciones docentes poco comunes, en las que participan tres categorías de personal :

a) físicos médicos sin mucha experiencia que prestan servicio en grandes establecimientos médicos ;

b) médicos, en particular radiólogos y otros especialistas con formación superior ;

c) enfermeras y otro personal paramédico, como técnicos de radiografía o especializados en la utilización de isótopos radiactivos y ayudantes de laboratorio.

El Comité estima que, como la medicina se está convirtiendo en una disciplina cada vez más científica y compleja, el personal médico de todas las categorías debería poseer conocimientos más profundos de los principios fundamentales de la física y que, además de las actividades docentes mencionadas más arriba, la enseñanza de la física aplicada a la medicina debe incorporarse a los planes de estudio de las escuelas de medicina.

La historia de la medicina científica pone de manifiesto la importancia de la investigación en materia de física y de técnica y es muy probable que en el futuro sea necesario ampliar esas investigaciones. El físico aborda los problemas médicos desde un punto de vista analítico y cuantitativo que puede ser sumamente útil para la investigación. Su contribución puede situarse en el plano teórico, por ejemplo, investigaciones sobre el comportamiento y los límites de posibilidad de los sistemas de transmisión de la información o estudio de los factores físicos que afectan la radiosensibilidad de las poblaciones celulares. En el plano de las aplicaciones, el físico contribuye a la introducción y perfeccionamiento de técnicas útiles, en particular en el campo instrumental, en relación, por ejemplo, con la vigilancia de los enfermos. La mayor parte de estas investigaciones exigen una colaboración muy estrecha entre el personal médico y el no médico.

Las funciones docentes y los trabajos de investigación expuestos más arriba ponen de relieve el carácter profesional del trabajo del especialista en física médica. El Comité recomienda que, para poder desempeñar eficazmente esas funciones y esos trabajos, los especialistas en física médica formen parte del personal de las escuelas de medicina y de los hospitales.

4. NECESIDADES ACTUALES Y FUTURAS EN MATERIA DE FISICA MEDICA

Los Capítulos 1, 2 y 3 ponen de manifiesto la importancia de la física médica en todo el ámbito de la medicina, no sólo como medio auxiliar de la radioterapia, de la medicina nuclear y del radiodiagnóstico, sino también en la formación del personal médico y paramédico, en las investigaciones fundamentales y en los trabajos de perfeccionamiento técnico. La planificación de los servicios de física médica exige la evaluación de las necesidades actuales, del número y del nivel de conocimientos de los candidatos y de las posibilidades de desarrollo de esta especialidad.

4.1 Reseña de la situación actual

El número de físicos médicos en ejercicio es sumamente variable de un país a otro y depende no sólo del desarrollo de los servicios médicos, que, a su vez, es reflejo de los recursos financieros y del nivel general de instrucción de cada país, sino también, en cierta medida, de hábitos nacionales que determinan las relaciones entre los médicos y los miembros de otras profesiones liberales.¹ En los países técnicamente más desarrollados la proporción es de 2 a 5 especialistas en física médica por cada millón de habitantes, mientras que otros menos avanzados no cuentan con ninguno. Estas cifras no reflejan siempre el nivel tecnológico del país; en efecto, hay algunos con pocos especialistas de esta disciplina que, sin embargo, emplean en la ejecución de programas dinámicos de energía atómica personal cuya formación científica es en cierto modo análoga. Incluso en los países más avanzados se deja sentir la escasez de esos especialistas, no sólo por la importancia creciente del diagnóstico radiológico, de la radioterapia y de la medicina nuclear, sino también por el advenimiento de técnicas nuevas, como las mencionadas en el capítulo 2. Evidentemente, la eficaz participación de los físicos en las actividades de los centros médicos ha hecho aumentar las ofertas de empleo para esos especialistas.

En muchas regiones, particularmente en los países en desarrollo, los programas de lucha anticancerosa y tratamiento del cáncer han sido relativamente descuidados en los últimos tiempos por atender a otros problemas sanitarios más urgentes, como los que plantean las enfermedades transmisibles. Como éstas, a su vez, van siendo rápidamente dominadas, una proporción cada vez mayor de la población llega a la edad en la que la incidencia de los procesos malignos es elevada. Es de esperar, pues,

¹ Una encuesta reciente del OIEA indica el número de especialistas en física médica empleados en los centros de radioterapia del mundo entero: *International Directory of High-Energy Radiotherapy Centres*, OIEA, Viena, 1968.

que el problema del cáncer, al adquirir proporciones más amplias, exiga una mayor prioridad en los programas de salud pública, especialmente en lo que se refiere a la instalación de servicios de radioterapia. Por otra parte, los estudios de los trastornos del tiroides y la aplicación de las técnicas de exploración están demostrando también la eficacia de la medicina nuclear. Que estos programas médicos puedan iniciarse y desarrollarse depende en gran medida de la existencia de servicios de física médica.

4.2 Institución de la física médica como especialidad

En muchos países, los recursos en materia de personal técnico y científico son insuficientes para atender todas las necesidades. Sin duda, la creación de servicios de física médica puede privar a la industria, a la enseñanza y a la investigación en otras disciplinas de una parte de su personal científico, pero teniendo en cuenta que el mejoramiento de los servicios de sanidad es un objetivo de interés nacional, los gobiernos deben favorecer oficialmente el desarrollo de la física médica como especialidad.

El Comité recomienda por lo tanto que, en cada país, el Ministerio de Sanidad, o cualquier otro organismo oficial competente en materia de salud pública, adopte las disposiciones necesarias para organizar o mejorar los servicios de física médica. Las autoridades responsables deben mantener un estrecho contacto con los servicios de energía atómica del país, particularmente en lo que se refiere a la protección contra las radiaciones.

4.3 Iniciación de programas de física médica

El establecimiento de los programas de física médica en los países donde urge formar especialistas de esta disciplina debe hacerse por etapas.

Al principio, para formar un pequeño núcleo de físicos médicos, podrá recurrirse a los programas organizados en otros países. Se trata de una política a largo plazo, basada de preferencia en la concesión de becas bajo condiciones que estimulen o prácticamente obliguen a los becarios a regresar a su país de origen y a establecerse en él. El OIEA y la OMS pueden prestar asesoramiento sobre la selección de becarios y sobre los programas de formación profesional.

Es conveniente que todo país que disponga de los medios necesarios establezca cuanto antes su propio centro de formación, a fin de evitar los problemas que surgen con frecuencia cuando los futuros especialistas se forman en otros países que disponen de servicios mucho más perfeccionados y de equipos más complejos.

Al principio, en lugar de organizar la enseñanza por pequeños grupos, tal vez sea más conveniente reunir en un solo centro a los estudiantes de las distintas regiones del país. Estos, por otra parte, deberían recibir ayuda

económica en forma de becas. Más adelante podrían establecerse uno o varios centros regionales.

Todo centro de formación, regional o nacional, debe estar asociado a una universidad, de preferencia con escuela de medicina. Cada centro podría prestar servicio a varios países limítrofes y su plantilla profesional podría estar formada por los becarios que regresaran del extranjero. En la primera fase de su creación el centro debería contratar por largos periodos (por ejemplo, un semestre) a profesores del exterior para colaborar en la preparación del programa de enseñanza. El centro debe disponer de instalaciones materiales y de personal suficientes que permitan al físico diplomado plantearle sus propios problemas y recibir su ayuda.

Esos programas pueden recibir apoyo de ciertos organismos internacionales, de programas de ayuda bilateral y de sociedades filantrópicas privadas. El OIEA y la OMS ya han respaldado vigorosamente toda una serie de actividades de física médica. La asistencia que facilitan esas organizaciones comprende becas de estudio, cursos de formación, servicios consultivos y contratos de investigación; disponen, además, de un servicio de información y difusión de datos.

Las autoridades nacionales responsables del programa de física médica deben evaluar periódicamente su eficacia para ver en qué medida responde a las necesidades.

4.4 Medios de reducir las necesidades en materia de física médica

Hay varios métodos, administrativos y técnicos, para reducir las necesidades de personal y de material y para introducir más gradualmente y con menores gastos los programas de formación profesional, particularmente en las primeras fases de su ejecución.

Todo programa de física médica debe iniciarse en un solo centro de gran capacidad, situado, a ser posible, en la aglomeración más poblada del país y asociado a una universidad. Los especialistas en física médica de este centro deben encargarse de los trabajos de su especialidad emprendidos en las instituciones médicas de la región visitando regularmente esos establecimientos para prestar determinados servicios básicos, por ejemplo, calibrar las fuentes de radiaciones, verificar la aplicación de medidas de seguridad y examinar en consulta con el personal médico los problemas técnicos planteados. Es preferible, sin embargo, que ciertos trabajos de colaboración con el médico, por ejemplo, la preparación de planes de tratamiento o la inspección de un laboratorio de medicina nuclear, se confíen al especialista en física médica destinado a tiempo completo en el establecimiento. En las primeras fases de la organización de un servicio de física médica, cuando todavía no se dispone de especialistas de esta disciplina, los médicos pueden asumir, en parte, esas responsabilidades, siempre que hayan recibido la formación adecuada.

La consulta de datos ya publicados, en particular de tablas de dosis profundas, de gráficos de isodosis¹ y de atlas de distribución de la dosis de radiación,² puede ser sumamente útil en la preparación de planes de tratamiento radioterápico. El uso de esos atlas debe, sin embargo, completarse con un plan de tratamiento individual.

El empleo de calculadoras electrónicas de clave numérica para establecer los planes de tratamiento radioterápico se está extendiendo rápidamente y tal vez contribuya a reducir la necesidad de personal;³ es preciso, en primer lugar, preparar las instalaciones técnicas y adiestrar al personal que estará especialmente encargado de la conservación y programación de las máquinas. Es probable que en breve plazo resulten más útiles los dispositivos analógicos simples.

Es sumamente conveniente que el servicio de física médica disponga de un taller mecánico donde puedan efectuarse pequeñas reparaciones o ajustes y fabricarse accesorios sencillos. Este taller es particularmente útil cuando fuera del establecimiento no se dispone de servicios de conservación satisfactorios.

La normalización de los tipos de aparatos utilizados permite reducir la necesidad de una formación especial y la plantilla del personal encargado de la conservación del material. Esta normalización contribuiría también a abreviar el tiempo necesario para las reparaciones y los trabajos de conservación y permitiría reducir las reservas de piezas de repuesto. Esta política debe inspirar la elección de piezas importantes de los equipos destinados a países muy distantes de las fábricas de origen.

Hay que tratar además de elegir un material relativamente simple y de funcionamiento seguro. Así, en las fases iniciales de un programa de radioterapia, un aparato de telecobaltoterapia (60 Co) puede ser preferible a un acelerador lineal.⁴

A fin de sacar el mayor partido posible de sus conocimientos prácticos, el especialista en física médica debe disponer de la ayuda de técnicos calificados, cuya formación se examina en la sección 5.2.

La utilización de medios auxiliares electromecánicos permite reducir el personal docente y aumentar su rendimiento. En este sentido, se están

¹ OIEA (1964) *Radiation data for medical use, Catalogue N° 1*, Viena; Tsien, K. C. & Cohen, M. (1962) *Isodose charts and depth dose tables for medium energy X-rays*, Londres, Butterworths; *Depth Dose Tables for Use in Radiotherapy: Brit. J. Rad.*, 1961, Supplement N° 10.

² OIEA, *Atlas of radiation dose distributions*, 3 vol., Viena: vol. 1, *Single-field isodose charts*, 1965; vol. 2, *Multiple-field isodose charts*, 1966; vol. 3, *Moving-field isodose charts*, 1967.

³ OIEA (1966) *Computer calculations of dose distributions in radiotherapy*, Viena (*Techn. Rep. Ser.*, N° 57).

⁴ Reunión mixta OIEA/OMS (1966) *Organización de los servicios de radioterapia*, Ginebra (*Org. mund. Salud Ser. Inf. técn.*, 328).

preparando programas aplicables a la enseñanza de la física radiológica y de otras materias.¹

5. FORMACION Y EMPLEO DE LOS ESPECIALISTAS EN FISICA MEDICA

La formación profesional y el destino ulterior de los especialistas en física médica dependerán en gran medida de las funciones que estén llamados a desempeñar y que se han descrito con detalle en los Capítulos 1, 2 y 3. Sin embargo, la importancia de algunas de ellas dependerá en gran medida del medio profesional en que se desenvuelve el físico médico. Por ejemplo, en un pequeño hospital que no dispensa ninguna enseñanza, y cuyos recursos en personal y material son limitados, bastará probablemente con un solo especialista en física médica que efectuará sobre todo trabajos corrientes. En cambio, un gran hospital clínico podrá emplear a un grupo de físicos que trabajen para varios departamentos, que enseñen a diversas categorías de personal médico y paramédico y que lleven a cabo probablemente trabajos de investigación. Algunos de esos físicos serán jóvenes que empiecen su carrera encargados de diversas tareas en los distintos servicios y de ciertas enseñanzas elementales, y otros serán físicos experimentados que desempeñarán funciones directivas y se encargarán de las enseñanzas superiores y de la investigación. Estas diferencias de responsabilidad y de funciones determinarán necesariamente las categorías del personal contratado y la concepción de los programas de formación profesional.

5.1 Contratación

Las condiciones de empleo de los especialistas en física médica varían necesariamente de un país a otro según los reglamentos administrativos en vigor. En algunos países se encargan de esos servicios médicos especializados en física médica y en otros físicos especialmente adiestrados en las aplicaciones médicas de la física. El Comité estima que esos programas deben tener la suficiente flexibilidad para permitir el adiestramiento tanto de físicos como de médicos.

¹ Véase Chervis, D. N. & Chervis, B. H. (1964) *Physics and principles of diagnostic radiology*, Chicago, Year Book Medical Publishers; y Meckstroth, G. R. et al. (1964) *A programmed introduction to radiation protection*, New Orleans, Tulane University School of Medicine. *A guide to programmed instruction material*, preparada por el Center for Programmed Instruction, Inc., puede solicitarse al Superintendent of Documents, US Government Printing Office, Washington, D. C., USA; y los *Programmes in the health sciences, a bibliography of published self-instructional material* pueden obtenerse en el National Centre for Programmed Learning, School of Education, University of Birmingham, Birmingham 15, Inglaterra.

Si lo que más interesa es contratar personas con una formación científica básica, conviene que el candidato tenga un diploma de físico; sin embargo, no debe excluirse a aquéllos que posean otros títulos, por ejemplo, de ingeniero, de especialista en matemáticas aplicadas, de química, de biología o de ciencias médicas. Es conveniente que los médicos estén especializados en radiología. Los candidatos a una formación superior se elegirán generalmente entre los estudiantes que den prueba de aptitudes excepcionales durante los cursos de formación y entre los físicos médicos jóvenes pero que posean cierta experiencia. Cuando se trata de contratar personal, destinado principalmente a trabajos de investigación, cualidades como la inteligencia y el rigor científico son, probablemente, más importantes que la naturaleza de su formación inicial.

Es evidente que, en la actualidad y durante los próximos años, ciertos países no podrán disponer de suficientes candidatos que reúnan los requisitos mínimos mencionados y que se verán obligados a aceptar personal que haya cursado sólo enseñanzas secundarias, al que tendrán que adiestrar en la mayoría de los trabajos corrientes indicados en el Capítulo 1. El Comité no estima recomendable fomentar esta política pero, consciente de la necesidad de disponer de servicios de física médica, reconoce que, por ahora, ésa es tal vez la única forma de encontrar el personal necesario. Además, algunos estudiantes, cuyo nivel de instrucción es limitado, reaccionan tan favorablemente ante la oportunidad de trabajar en el hospital, que acaban por alcanzar un alto grado de competencia.

5.2 Programas de formación

En principio, la enseñanza de la física médica comprende cursos teóricos y el adiestramiento en el servicio en un departamento bien organizado de un establecimiento médico; pero, de hecho, las posibilidades varían considerablemente de un país a otro y, a falta de cursos teóricos, es preciso conformarse con el adiestramiento en el servicio. Este es en todo caso indispensable y nadie será considerado competente en física médica si no ha trabajado durante un periodo bastante largo bajo la dirección de un especialista en un departamento bien organizado.

La especialización de los físicos médicos debe hacerse de preferencia al nivel de la enseñanza superior. Los licenciados en ciencias, los ingenieros y los médicos destinados a desempeñar tareas prácticas corrientes de física médica deben seguir un curso teórico por lo menos de un año a tiempo completo, o de dos años a tiempo parcial, seguido de un periodo de adiestramiento en el servicio no inferior a dos años.

El programa del curso teórico dependerá en gran parte de la formación inicial del candidato y de la rama de la física médica en la que quiera especializarse. Para un licenciado en física o en ingeniería que quiera dedi-

carse a la radiofísica médica, la primera mitad del curso teórico puede dedicarse principalmente a las ciencias básicas de la medicina: biología, anatomía, fisiología y bioquímica, mientras que la segunda parte comprenderá física de las radiaciones y de la radiactividad, electrónica, estadística, problemas físicos de la radiología y de la medicina nuclear, biología de las radiaciones y protección radiológica. Para un graduado en medicina que quiera seguir esa orientación, la primera mitad del curso comprenderá sobre todo la enseñanza de los elementos necesarios de matemáticas y de física. El programa de la segunda mitad puede ser muy semejante al previsto para los licenciados en ciencias. Estos estudios deben sancionarse por un diploma, certificado o título análogo de física médica.

Los candidatos que pretendan desempeñar cargos superiores relacionados con la radiofísica médica (por ejemplo, jefes de departamento en un establecimiento médico o profesores de facultad) pueden realizar estudios más completos hasta obtener el grado de doctor en física médica, o un título análogo. Estos estudios que pueden durar de tres a cuatro años, comenzarán por un curso, semejante al que ya se ha descrito, pero completado con materias de mayor complejidad científica, al que seguirá un periodo dedicado a la investigación de un tema determinado que concluirá con la presentación de una tesis. Como las investigaciones de física médica están con frecuencia estrechamente relacionadas con la práctica de la medicina, podrán añadirse al programa cursos superiores sobre ciencias médicas fundamentales (por ejemplo, fisiología). Además, pueden estar indicados ciertos estudios técnicos superiores sobre el empleo de nuevos aparatos de física.

El Comité estima que los cursos teóricos solos son absolutamente insuficientes y que lo más importante es la formación práctica, de preferencia trabajando en un servicio. Estas consideraciones valen particularmente para los programas regionales de formación en los países en desarrollo. Los físicos destinados a un servicio médico deben haber aprendido de médicos y otros profesores las aplicaciones clínicas de sus conocimientos.

Cualquiera que sea su formación, los especialistas en física médica solo podrán realizar una labor eficaz si cuentan con la ayuda de técnicos en número suficiente y con un adiestramiento adecuado que se encarguen de los trabajos corrientes en los laboratorios y en los servicios de consulta: inspecciones periódicas en relación con la protección contra las radiaciones, conservación, ensayo y reparación de instrumentos.

Los técnicos contratados para desempeñar estas funciones deben tener, por lo general, un nivel de instrucción comprendido entre el bachillerato y los estudios universitarios técnicos. Deben seguir también un curso de especialización y pasar un periodo de adiestramiento en el servicio.

Los especialistas en física médica deben tomar parte activa en la formación teórica y práctica de esos técnicos.

5.3 La profesión del especialista en física médica

El mantenimiento y el desarrollo de la física médica en un país dependerán del atractivo que ejerza la profesión. A los especialistas en física médica se les deben garantizar ingresos y condiciones de trabajo equivalentes a los del personal científico y tecnológico de otros sectores. Es importante facilitarles locales, equipo e instalaciones adecuados y fomentar su afán por la investigación. Además, es necesario introducir en cada establecimiento un sistema de promoción que ofrezca a los candidatos la oportunidad de hacer carrera en la profesión.

La importancia de la profesión dependerá en último término de la creación de departamentos de física médica independientes, dirigidos por jefes emprendedores y con gran experiencia. Este es el mejor medio de contratar personal dinámico y competente.

El Comité pone de relieve que los países que organizan cursos de formación en física médica deben también prever la creación de puestos de trabajo para los candidatos. Se sabe de algunos especialistas que, aunque capacitados para atender a las necesidades de un país en materia de física médica, han tenido que aceptar empleos en otros sectores científicos, al no encontrar ninguna salida en su especialidad.

Por otra parte, no basta con prever empleos suficientes, sino que hay que darles la categoría adecuada de conformidad con las condiciones antes expuestas.

Varias encuestas han demostrado la influencia favorable que puede ejercer sobre la profesión de especialista en física médica la creación de asociaciones profesionales.¹ En algunos sectores afines como la investigación sobre las radiaciones, la radiología y la radiofísica sanitaria, esas asociaciones han contribuido decisivamente al progreso de esas especialidades. El Comité insta a todos los grupos regionales o nacionales de especialistas en física médica a que examinen las ventajas que reportaría la fundación de una asociación profesional. Es de esperar que la Organización Internacional de Física Médica (IOMP), cuya fundación es relativamente reciente, gane el prestigio suficiente para mantener un alto nivel científico y profesional y para fomentar el desarrollo de esta especialidad.

6. RESUMEN Y RECOMENDACIONES

Considerando que las ciencias físicas están llamadas a desempeñar un papel cada vez más importante en la práctica de la medicina y que el ejercicio de la física médica debe reconocerse como profesión en los servicios

¹Parker, H. M. (1965) *Research report on the training of radiological physicists*, US Public Health Service; Mayneord, W. V. (1966) *Medical physics*. In: Rotblat, J., ed., *Aspects of medical physics*, Londres, Taylor and Francis, pp. 1-12.

de sanidad ; persuadido de que actualmente las aplicaciones de la física médica moderna tropiezan con graves obstáculos por falta de instalaciones y de personal debidamente formado y de que el apoyo que prestan los gobiernos a la física médica es insuficiente en detrimento de los progresos de la medicina, el Comité formula las recomendaciones siguientes :

1. En las universidades, las escuelas de medicina, los hospitales y otros establecimientos análogos de todos los países la física médica debe reconocerse en tanto que disciplina científica con categoría profesional.

2. Las escuelas de medicina deben crear cátedras de física médica e incluir en sus planes de estudio las aplicaciones médicas de las ciencias físicas.

3. En todos los países, en particular en los que carecen total o parcialmente de especialistas en física médica, conviene que las autoridades nacionales responsables de los servicios de sanidad y de educación inicien o intensifiquen las actividades de esa especialidad :

- a) estableciendo, apoyando o ampliando los programas de formación de físicos y técnicos especializados en física médica ; y
- b) creando en los establecimientos médicos un número suficiente de puestos para especialistas en física médica que ofrezcan oportunidades de ascenso y condiciones económicas comparables a las de otros físicos del país.

4. En los países donde en la actualidad se carece total o parcialmente de especialistas en física médica se deben organizar programas destinados inicialmente a formar un núcleo de especialistas que se encarguen de la enseñanza de esa disciplina en el plano nacional.

5. Los hospitales que necesitan servicios de física médica deben prever locales, material e instalaciones adecuados, incluidos talleres, así como la contratación de personal competente.

6. El OIEA, la OMS y otras organizaciones internacionales interesadas deben proseguir e intensificar su ayuda a los programas de formación de especialistas en física médica.

7. El OIEA y la OMS deben facilitar la organización de seminarios internacionales y regionales y de otras reuniones técnicas sobre problemas de física médica.

8. El OIEA y la OMS deben seguir examinando en común las aplicaciones generales de las ciencias físicas y de la ingeniería a la práctica y la investigación médicas.

Anexo**LISTA DE DOCUMENTOS DE TRABAJO INEDITOS**

- Radiation physics in a hospital service*, by R. D. Ayyar (RHL/WP/67.4)
- Present situation in medical radiation physics in Thailand*, by Tawan S. Bunnag (RHL/WP/67.5)
- A radiation physicist in nuclear medicine in Poland*, by O. A. Chomicki
- Comments on criteria for competence and training of medical physicists*, by J. H. Lawrence and H. W. Parker (RHL/WP/67.6)
- Notes on the organization of training of scientists and technicians in medical physics*, by W. V. Mayneord (RHL/WP/67.2)
- International survey of needs and availability of training in the medical uses of radioisotopes*, by J. McRae, E. E. Pochin and J. F. Ross (RHL/WP/67.3)
- Research report on the training of radiological physicists : a study of British and Swedish methods and their relevance in the United States*, by H. M. Parker
- The need for radiation physics training in Latin America*, by J. F. Patiño and E. Otero (RHL/WP/67.1)
- Comments on education and training of hospital physicists in the Scandinavian countries*, by R. Walstam
- Radiological physics training in the USA*, by E. W. Webster
- Report on a post-graduate course in radiological protection for physicists from Thailand held at the National Radiation Laboratory of New Zealand*, by B. D. P. Williamson.
-