

La Física mèdica

Adolf M. Rubio Goday (*) i Ferran Pons Yaguas (†)

(*) Servei de Radiofísica i Radioprotecció. Hospital de l'Esperança. Barcelona

(†) Servei de Radiofísica. Hospital Clínic i Provincial. Barcelona

Introducció.

Actualment en Medicina no es concebeix l'acte mèdic sense el suport d'una sèrie de tècniques i coneixements paral·lels que ajuden a l'hora de diagnosticar i/o tractar cert tipus de malalties. Per aquesta raó, col·laboren amb els metges diversos professionals tals com: farmacèutics, químics, biòlegs, enginyers i físics.

En aquest sentit l'aportació de coneixements de la Física a la Medicina ha estat una constant històrica ja que, entre altres, la construcció del microscopi possibilità l'estudi dels microorganismes i dels teixits; el desenvolupament de l'òptica va permetre l'estudi de la visió; el manòmetre, la mesura de la pressió sanguínea i, en general, el mètode científic, el progrés de les investigacions. El darrer exemple important a destacar és que, en els darrers temps, dos físics: Yalow (1977) i Mc Cormarck (1979), obtingueren premis Nobel de Medicina per les seves contribucions respectives al Radioimmunoassaig (RIA) i a la Tomografia Axial Computeritzada (TAC).

En aquest aspecte, el progrés de la Medicina en l'elaboració, la millora i el perfeccionament de les tècniques aplicades, i en l'ús dels aparells dels quals disposa s'ha degut, en un major grau, a la contribució dels físics. Reconeixement que és públic i que justifica la consolidació d'aquests llocs de treball dintre del camp de la sanitat.

La Física mèdica

La Física mèdica és aquella aplicació de la Física que té per objectiu col·laborar amb la Medicina en el desenvolupament dels seus coneixements bàsics, així com en la creació i en l'aplicació de noves tecnologies. A més d'aportar el seu punt de vista analític i quantitatiu a la investigació mèdica i a la pràctica clínica diària.

De forma concisa, aquesta contribució pot quedar emmarcada dins de quatre apartats principals:

* **Adolf M. Rubio** és licenciat en Física (1973) i diplomad en Ciències Exactes (1974) per la Universitat de Barcelona. Actualment és Cap del Servei de Radioprotecció de l'Hospital Municipal de l'Esperança i professor d'Escola Superior d'Infermeria
Ferran Pons és licenciat en Física (1975) per la Universitat de Barcelona i des de 1975 ocupa la plaça de físic del Servei de Radioteràpia de l'Hospital Clínic de Barcelona.

- A) Estableix un *mètode*. En aquest sentit aporta els principis i els mètodes de la Física que permeten la formulació i comprensió de models del funcionament de l'organisme humà, i participa en la millora de les tècniques diagnòstiques i/o terapèutiques (de tractament).
- B) Participa en la creació de la *tecnologia* necessària. És a dir, proporciona la base científica per a la creació, comprensió i utilització de les tecnologies basades en agents físics, tals com: la radiologia convencional, computeritzada i digital, la ressonància nuclear magnètica (RNM), la termografia, la teràpia amb isòtops radiactius i acceleradors de partícules, la hipertèrmia, el làser, etc. També participa en el disseny d'accessoris que afavoreixen el treball diari.
- C) Coopera en l'estudi dels *efectes* dels agents físics. O sigui, proporciona la base científica per a l'estudi dels efectes biològics dels agents físics i, en aquest sentit:
 - Estableix els criteris bàsics per a un funcionament normal i sense risc dels aparells esmentats en el paràgraf B).
 - Dicta les normes de protecció per als pacients i treballadors davant d'aquests agents físics.
- D) Participa en l'*evolució* dels centres sanitaris i d'investigació, ja que assessora des del punt de vista tècnic, en la tria d'equips de tractament i d'investigació i en el disseny de les instal·lacions que els han d'albergar, i col·labora en múltiples consultes científiques i en l'enfocament i la resolució de problemes que els diversos departaments mèdics li plantegen.

Aquest últim punt pot considerar-se un compendi dels tres anteriors.

De tot això es dedueix que l'àmbit de treball d'un físic dintre de la Medicina és molt ampli i comprèn un gran nombre de camps ja que l'organisme humà, com a màquina perfecta i sofisticada que és, a la vegada que complexa, està subjecte a les lleis de la natura, és a dir,

a les lleis de la Física. Resumir aquest ample ventall de possibilitats en poques línies és difícil pel seu nombre i pel fet que, en trobar-se la major part d'elles en fase de desenvolupament, és fàcil d'oblidar-ne algunes.

Aquesta manca de desenvolupament de diversos camps ha estat deguda, per altra banda, a la insuficiència de físics metges. Això ha obligat a aquests a dedicar-se als temes més urgents, com són els associats a les Radiacions Ionitzants (RR. II.) per la seva potencial perillositat i a proposar l'estudi dels altres.

Per això veurem que les sortides professionals referides a les RR. II. són més abundants. No obstant, cal indicar que l'aplicació de la Física és extensa i que comprèn camps com l'estudi dels potencials bioelèctrics (neurofísica i cardiofísica), aerodinàmica i hidrodinàmica (sistema respiratori i circulatori), biomagnetisme (RNM), òptica, acústica, biomecànica, termodinàmica (microcalorimetria, termografia, hipertèrmia, etc.), tecnològic, etc.

El denominador comú de tots aquests camps és l'elaboració de models matemàtics, electrònics i/o cibernètics, que intenten explicar el funcionament de l'organisme humà en la part que els correspon.

Formació i responsabilitat

En la universitat, a diferència dels països estrangers més avançats, no existeix la Física mèdica com a especialitat. Aquest fet obliga a la persona interessada en aquest camp, a una formació autodidacta amb les limitacions que això comporta, si bé en l'actualitat pot demanar l'ajut dels professionals que l'exercim. Aquesta manca de base prèvia és una de les primeres dificultats que troba el professional que decideix treballar en aquesta matèria.

No obstant, s'ha d'indicar que la Sociedad Española de Física Médica (SEFM)¹, està negociant amb les autoritats acadèmiques i sanitàries l'establiment d'un pla de formació d'especialistes: dintre de la universitat, com a ensenyaments de 2ⁿ i 3^r cicle; i en els centres sanitaris, per a una formació pràctica adequada ($\approx 3 - 4$ anys). Aquest model, anàleg al que existeix a l'estranger, ja es va intentar reglamentar fa aproximadament quinze anys però no s'aconseguí la seva consolidació després de la primera promoció. Actualment la seva viabilitat és més gran, a més frueix del suport del sector mèdic perquè assegura una formació adequada i s'igualava al seu Pla Nacional de Formació de Metges Interns i Residents (MIR).

Per això, no indiquem cap esquema preferencial d'assignatures o temes tot esperant que la SEFM publiqui el contingut definitiu de l'especialitat. Mentrestant, si hi ha algú interessat pot adreçar-se a qualsevol dels professionals que treballen en hospitals i com

¹Membre de l'EFOMP (European Federation of Organizations of Medical Physics) i de l'IOMP (International Organization of Medical Physics).

s'ha fet fins ara, l'orientarem sobre els temes a estudiar i com ha d'enfocar la seva formació.

A nivell internacional i de cara a la lliure circulació de professionals en tot l'àmbit del Mercat Comú Europeu, l'EFOMP està estudiant la creació del "Diploma Europeu de Física Mèdica", com a únic salconduit per a poder exercir aquesta professió a qualsevol país de la CEE. En aquest ordre de coses, i com en qualsevol tasca multidisciplinària, la responsabilitat d'aquesta està fragmentada en proporció al nombre de professionals que intervenen i al pes específic de la seva feina. En Medicina, la responsabilitat final de qualsevol prova diagnòstica o terapèutica és del metge cap del servei² corresponent. No obstant, en existir la col·laboració del físic mèdic en els punts que el metge descobreix, el primer és totalment responsable d'aquests (v.g. manteniment dels aparells usats, càlculs realitzats, etc.) que condicionen la prova i/o el tractament dispensat als pacients. En aquest sentit, la formació del físic mèdic ha de ser al més completa possible a fi d'assolir aquesta responsabilitat, del tot comparable i assimilable a la del metge en l'exercici de la seva tasca. Encara més, la contribució d'aquests professionals s'ha fet tan important i imprescindible que molts d'ells ocupen càrrecs de caps de servei amb responsabilitat i independència totals de qualsevol servei mèdic.

En aquest sentit cal manifestar que la formació del físic mèdic no sols ha de ser científic-tècnica sinó també humana i amb un alt grau de maduresa professional, tota vegada que resulta imprescindible per conviure amb professionals que tenen una altra formació i mentalitat.

Sortides professionals

A grans trets, les sortides professionals poden agrupar-se en:

Docència

A més que la futura formació de físics mèdics requereix l'existència d'un professorat preparat. En la Facultat de Medicina de les diverses universitats existeix, des de fa anys, la càtedra d'aquesta especialitat per a la docència dels coneixements bàsics de Física (Física general o Biofísica - 1^r curs) als futurs llicenciats en Medicina i Cirurgia.

En algunes d'aquestes facultats també es dona una assignatura de coneixements bàsics de RR. II. al 3^r curs, com a pròleg a l'estudi de les especialitats mèdiques que les utilitzen.

Cal citar també les escoles universitàries d'Òptica, i d'Infermeria i les escoles de formació professional de Tècnics (branca sanitària) que, paral·lelament als met-

²Per "Servei" o "Servei de" entenem la instal·lació, la unitat de treball o el departament al qual està assignat el físic mèdic o bé aquell en què desenvolupa part de la seva tasca, encara que no hi pertanyi

ges, també han de formar els seus alumnes en les tècniques actuals.

Investigació

Molt lligada als departaments de Física Mèdica de les facultats de Medicina i Cirurgia es troba la investigació en aquest camp. En l'actualitat s'estan desenvolupant models biomecànics de simulació de la capacitat de moviment de l'ésser humà (estudi de les extremitats, acció muscular, etc.), models neuronals i models, també simulats, d'hidrodinàmica per establir un model físic del sistema circulatori.

Altres camps que s'estan obrint amb gran rapidesa són els de l'aplicació dels raigs làser (en les diverses modalitats), ona curta, ultrasons, RNM, estudi i mesura dels potencials bioelèctrics, etc. En aquest aspecte, la limitació resideix més en el nombre de persones que poden dedicar-se a la investigació que en la manca de temes.

També, dintre del marc industrial i/o empresarial, existeix un gran camp d'investigació en la Bioenginyeria, pel que fa al desenvolupament de noves tecnologies i l'aplicació dels descobriments més recents.

Informàtica

Paral·lelament al gran desenvolupament que ha tingut la informàtica en la societat, l'àmbit mèdic precisa de tècnics (físics i/o informàtics) per al desenvolupament de programes de simulació del funcionament de l'organisme humà, el tractament d'imatges i el càlcul de dosis de radiació, com a temes principals. A més de constituir un suport i una eina bàsica en el desenvolupament de les altres especialitats que estem analitzant.

Física de les radiacions ionitzants

El descobriment dels raigs X (Roëntgen, 1895) i de la radioactivitat (Becquerel, 1896) van suposar un revulsiu no tan sols en la Física sinó també en la Medicina, pel fet que es va obrir un camí important al coneixement del cos humà i les seves alteracions (diagnòstic) i al tractament de les malalties associades (terapèutica). Aquesta contribució fou tan gran que des de llavors no s'han deixat d'utilitzar, en medicina, les RR. II. Aquest gran ús, juntament amb la seva potencial perillositat descoberta amb el temps, foren les primeres causes de la incorporació dels físics a la sanitat.

Radiofísica

El nom de Radiofísica engloba l'aplicació de les RR. II. en Medicina en tres especialitats:

Radiodiagnòstic:

Potser és l'especialitat més coneguda ja que, qui més qui menys, s'ha fet alguna radiografia durant la seva vida. En aquest camp, el físic ha de verificar els aparells generadors de radiació i els seus

accessoris a fi de garantir un funcionament correcte dels aparells. Així mateix ha de col·laborar amb el Servei de Protecció Radiològica en el disseny de les sales i en el càlcul dels blindatges de protecció. També ha de calcular les dosis administrades als pacients sotmesos a aquest tipus de proves i els seus riscos derivats. En l'actualitat, i a nivell de la CEE, hi ha un gran interès en aquest tema ja que és el focus més important d'irradiació de la població en general.

Medicina Nuclear:

És una altra especialitat diagnòstica de gran valor que utilitza fonts radioactives no encapsulades (= substàncies, líquides generalment, que poden manipular-se lliurement). En aquest apartat, la contribució del físic és també per partida doble, ja que per una banda calcula la proporció de les barreges i les dosis a administrar i tracta les imatges obtingudes a fi que proporcionin la màxima informació, i per altra banda, ha de tenir cura de la Protecció Radiològica del Servei. Aquest últim punt és molt important, tota vegada que la manipulació de substàncies radioactives no encapsulades comporta el perill de produir contaminacions superficials i personals que poden ocasionar greus perjudicis econòmics i individuals.

En aquestes dues especialitats el suport i el fruit del seu treball és la imatge, tant estàtica com dinàmica. Per aquesta raó l'estudi i el tractament d'aquesta té una prioritat essencial. En l'actualitat s'estudia tècniques de computació digital que comportin un coneixement més profund de l'anatomia i fisiologia humanes.

Radioteràpia:

Aquesta especialitat és terapèutica, és a dir, utilitza les RR. II. per tractar cert tipus de malalties. És un dels camps més extensos que té el físic ja que ha de calibrar i verificar totes les fonts radioactives i tots els aparells generadors de radiació, planificar i calcular els tractaments que s'han d'aplicar i tenir cura de la seguretat radiològica del servei.

Com a denominador comú de les especialitats mèdiques que acabem de comentar, en les quals intervé el físic, cal assenyalar el seu aspecte assistencial. Això significa que existeix una relació entre el físic i el pacient, més estreta en Radioteràpia que en Medicina nuclear o Radiodiagnòstic, que precisa d'una adaptació tècnica i psicològica.

La primera, o sigui l'adaptació tècnica, ve obligada per tal d'aconseguir una bona coordinació entre el metge i el físic que parlen dos llenguatges diferents en tant que la seva formació és distinta. En aquest punt és convenient que el físic adquireixi certs coneixements de tipus mèdico-biològic que ajudin a aquest fi.

Mentre que la segona, o sigui l'adaptació psicològica, ve justificada pel tracte amb els pacients, la major part amb malalties greus, per a la qual cosa no es té la formació deguda i pot arribar a afectar l'individu no preparat.

També cal indicar que l'aplicació de les RR. II. a pacients obliga, no solament a tenir una protecció radiològica exigent per a les persones professionalment exposades, sinó també per a aquelles persones que es sotmetin a les proves mèdiques car, si bé estan justificades i són necessàries, no per això són menys perilloses fins i tot tenint en compte la possible gravetat de la seva malaltia.

Per a totes aquestes especialitats en general, cal que el físic mantingui la seva formació i la del servei en el terreny que li és propi. Per això ha d'organitzar xerrades i cursos per a tot el personal que treballa exposat a les RR. II. a fi de mantenir operativa la seguretat del servei des del punt de vista radiològic. En aquest sentit participa, com a professor, en els cursos de formació per a MIR del seu hospital o districte sanitari.

Protecció radiològica

La protecció radiològica consisteix en l'estudi de les diverses mesures de seguretat i control a fi de disminuir el risc derivat de la utilització de les RR. II., i de minimitzar la probabilitat que succeeixi un efecte no desitjat degut a les RR. II. Entre aquestes mesures cal destacar el disseny i el control de les instal·lacions, la dosimetria personal i d'àrea, l'estimació i la disminució de riscos, l'optimització de tècniques de treball, etc. Així mateix cal vetllar pel compliment de la normativa legal en aquest tema dintre del centre sanitari. En aquest sentit, han de col·laborar estretament amb cada un dels serveis apuntats a fi i efecte d'aconseguir un nivell de seguretat radiològica òptim i que no es vulnerin els seus principis bàsics.

Esmentem finalment que en els seus camps respectius, els físics treballen en el control de qualitat d'aquestes aplicacions tecnològiques, per al seu perfeccionament i per a una millora del tractament dispensat al pacient. En aquest aspecte, com indicàvem abans, la col·laboració físic-pacient-metge és cada cop més estreta. Aquest interès comú ha contribuït autènticament al progrés de la ciència mèdica i ha afermat el paper del físic dins de la sanitat.

Física de les radiacions no ionitzants. Altres

La utilització i la potencial perillositat de les RR. II. obligà, en un principi, els físics mèdics a dedicar-se prioritàriament a aquest camp, i a dedicar un menor interès a les altres aplicacions que la Física tenia en Medicina. Aquestes s'agrupen en un apartat únic encara que és

d'esperar que, amb el desenvolupament experimentat recentment, aviat assoleixin la seva independència i donin lloc, cada una, a branques científiques amb personalitat pròpia.

Dintre d'aquest grup es troba l'estudi i l'aplicació (oftalmologia, cirurgia, etc.) del raig làser en les seves diverses modalitats, dels ultrasons (ecografia), les ones de xoc (litotrícia renal), la RNM, la hipertèrmia, la termografia, els potencials bioelèctrics (neuronal i cardíacs), etc.

Són múltiples i nombrosos i cada dia hi ha més interès en el seu estudi a fi d'aconseguir un més gran coneixement de l'organisme humà: la seva composició i el seu funcionament, tant en general com en particular de cada òrgan.

En aquest sentit, diverses entitats privades destinen quantitats importants de diners a aquests camps d'investigació, per la qual cosa és d'esperar que avancin ràpidament.

Futur de la professió

Com hem comentat en els apartats anteriors el desconeixement general d'aquesta sortida professional juntament amb la inexistència, a la universitat, de la seva especialitat corresponent i, per altra banda, la creixent demanda d'aquest tipus de professionals per part dels centres sanitaris, fa que l'oferta de llocs de treball en superi la demanda. Així, doncs, tot i que en èpoques de crisi és difícil fer cap presumpció, pot augurar-se un futur esperançador per a aquest tipus de professionals, esperança que té el suport dels nous decrets legals que condicionen l'existència de serveis mèdics de Radiodiagnòstic, Medicina nuclear i Radioteràpia, a la presència d'un servei de radiofísica i radioprotecció responsable.