



Revisión de Artículos

Francisco Clemente*

Comité de Redacción.

Estimados amigos,

En este número contamos nuevamente con una selección de cinco comentarios sobre trabajos científicos publicados en revistas internacionales de reconocido prestigio en el campo de la física médica (en esta ocasión, todos los trabajos reportados han sido publicados en “Medical Physics”).

En el primero de ellos, en el área de radioterapia, Luis Brualla nos presenta la caracterización de una matriz de cámaras de ionización líquidas empleada para la verificación de alta resolución de tratamientos de radioterapia. El segundo, también en el área terapéutica, ofrecido por Marcelino Hermida, versa acerca de la medida de distribuciones de dosis proporcionadas por placas de $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ mediante películas radiocrómicas en el ámbito de la braquiterapia oftálmica. La siguiente colaboración corre a cargo de Francisco Manchado, centrándose en las terapias con micro (MRT) y mini haces (MBRT). En el caso de la aplicación de dichas técnicas a tumores cerebrales, surgen posibles incertidumbres en la distribución de dosis debida a las pulsaciones cardio-sincrónicas, por lo que el estudio se centra en analizar dicho problema. Para el cuarto de los estudios presentados se ha tomado el trabajo de Antonio González, en el área imagen, donde se analiza el efecto del ruido en cálculos de MTF empleando diferentes maniqués. El último de los trabajos, en el área de medicina nuclear, nos acerca al estudio de las limitaciones y mejoras en la calidad de imagen PET empleando algoritmos bayesianos penalizados, en tomógrafos con cristales BGO.

Esperamos que las contribuciones presentadas os resulten interesantes. Muchas gracias a todos, especialmente a los compañeros que han ofrecido su contribución para la elaboración de la presente sección.

* Correspondencia
Email: pclementegutierrez@gmail.com



Development and clinical characterization of a novel 2041 liquid-filled ionization chambers array for high-resolution verification of radiotherapy treatments

Brualla-González L, Vázquez-Luque A, Zapata M, González-Castaño DM, Luna-Vega V, Guiu-Souto J, Prieto-Pena J, García T, Granero D, Vicedo A, Roselló J, Pombar M, Gómez F, Pardo-Montero J
 Med Phys 2018;45:1771-81.

Luis Brualla González

Servicio de Radiofísica, ERESA, Hospital General Universitario de Valencia, Avd. Tres Cruces 2, 46014, Valencia, Spain.

lbrualla@eres.com

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Me gustaría poder distinguir entre la motivación para la realización del trabajo y la motivación para la realización del artículo. El trabajo surge a partir de la línea en dosimetría del Grupo de Investigación en Radiofísica de La Universidad de Santiago (GIR). Tras haber realizado, a partir de la tecnología de cámaras líquidas, una microcámara, una matriz lineal y una matriz de detectores de superficie para radiocirugía llegaba el momento de dar el salto a un detector de mayores dimensiones. Se planteaba así el objetivo de la verificación de tratamientos con volúmenes blanco de dimensiones características de hasta 10 cm con la posibilidad añadida de analizar perfiles en control de calidad superiores a los 20 cm. Todo ello realizado con alta resolución, empleando detectores de $2.5 \times 2.5 \text{ mm}^2$ sin zonas muertas de separación. El planteamiento se complicaba, aún más, con la inclusión dentro de los tratamientos a verificar, de técnicas donde los haces empleados no disponen de filtro aplanador y para los cuales la dosis por pulso es sensiblemente superior a los haces con filtro aplanador.

En cuanto a la realización del artículo, diversas son las motivaciones que conducen al mismo. Por un lado, está la puramente científica, dar a conocer las propiedades de un nuevo sistema de dosimetría y por otro, culminar el trabajo desarrollado para la presentación de mi tesis doctoral. Aunque cualquiera de las dos pueda ser necesaria, sin embargo, por sí solas no son suficientes. Sí lo es, sin embargo, reflejar la actividad desarrollada por un grupo de personas desde el plano de la investigación y desde el plano clínico. Por encima de todo, esto es lo que subyace en el trabajo realizado: recoger la aportación de un grupo de investigación en Física Médica (en el cual se encuentran mis directores de tesis Juan Pardo y Faustino Gómez) y un grupo de aplicación clínica, compuesto fundamentalmente por mis compañeros del Hospital General Universitario de Valencia bajo la dirección de Joan Roselló. Sin la contribución de muchas personas no es factible llevar a término una tarea de estas características (tanto para la fabricación del equipo como para el control del entorno clínico donde éste se aplica).

¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

Por encima de todo está el hecho de trabajar con un prototipo. En primer lugar, vaya por delante, que es un privilegio. En segundo lugar... todo lo demás. Hay que ajustar parámetros para adaptar el equipo a la situación que se afronta, modificar la arquitectura... Puede hacerse un diseño, realizar una caracterización y llegados a un punto observar que se produce una falta de estabilidad en el comportamiento. En ese momento hay que buscar cual es la fuente del problema, subsanarla y vuelta a empezar hasta la siguiente limitación, con la esperanza de que la próxima vez el impacto sea menos relevante. Al final, eso sí, la recompensa es mayúscula al comprobar que los resultados son los deseados y además se mantienen en el tiempo.

Hay que decir, en ese sentido, que ayuda mucho el incremento gradual de la complejidad, abordando primero el reto de diseños menos exigentes en cuanto a construcción, comprobar su rendimiento y a continuación, dar el siguiente paso en dificultad.

La caracterización específica del equipo, sobre todo es puntillosa, metódica, pero en cierta medida se va siguiendo un camino ya perfilado con la experiencia adquirida en dispositivos anteriores, tanto en el proceso de medida como en el análisis de las mismas.

Desde un punto de vista global, la verificación de tratamientos con haces sin filtro aplanador ha sido la parte que mayor satisfacción me ha proporcionado.

¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

Fundamentalmente la adaptación del equipo de medida para su utilización en control de calidad en radioterapia. Hablamos de realizar un equipo de dosimetría, refinarlo y evolucionarlo hasta poder ofrecer un producto con aplicación directa en el día a día de un servicio de Radiofísica. En este trabajo se establece un punto de referencia para todo aquel que pretenda utilizar a posteriori este detector de alta resolución.

En particular, la comprobación de la adecuación del sistema para la verificación de haces y tratamientos sin filtro aplanador utilizando una matriz de detectores de cámaras líquidas ha sido la piedra de toque del conjunto.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

En esencia, demostrar que se ha obtenido un equipo que puede ser trasladado a la aplicación clínica con unas prestaciones dosimétricas muy elevadas. De hecho, a partir del grupo de investigación de Santiago se ha originado una empresa “spin off” que comercializa este sistema. Plantearse el objetivo de elaborar un equipo de dosimetría y llevarlo a cabo es una tarea titánica cuando el esfuerzo se realiza desde entornos puros de investigación en lugar de abordarlo en el seno de empresas fabricantes ya consolidadas. En ese sentido me considero un privilegiado por haber podido formar parte de esa experiencia. Desde mi perspectiva, animo al resto de socios de la SEFM a poner en valor lo que supone que compañeros nuestros hayan podido desarrollar semejante capacidad para poder aprovechar su experiencia.

Por último, es de ley reconocer el papel que mi empresa, ERESA, ha desempeñado en todo el proceso, proporcionando estructura, medios y soporte. En los tiempos que corren la búsqueda de sinergias positivas para las partes implicadas es un arte no reconocido que debería resultar una obligación. Cuando estas tienen lugar, deben ser reconocidas y aplaudidas pues su proliferación nos beneficia a todos.



Absorbed dose distributions from ophthalmic $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ plaques measured in water with radiochromic film

Hermida-López M, Brualla L
Med Phys 2018;45:1699-707.

Marcelino Hermida López

Servicio de Física y Protección Radiológica, Hospital Universitario Vall d'Hebron (Barcelona).
mhermida@vhebron.net

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

La braquiterapia oftálmica con placas de $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ se utiliza principalmente para el tratamiento del melanoma coroidal y de retinoblastoma, presentando buenos resultados clínicos. Dado que la posición del tumor puede ser muy próxima a estructuras sensibles del ojo como el nervio óptico y la fovea, es esencial tener un conocimiento detallado de la distribución de dosis producida por la placa. No existe un método recomendado para determinar experimentalmente las distribuciones de dosis producidas por las placas, por lo que muchos usuarios se ven forzados a confiar en la información proporcionada por el fabricante, con una incertidumbre standard del 10%. Además, se han reportado variaciones de hasta un 25% respecto a la distribución ideal en la distribución de dosis entre placas del mismo modelo (M. Eichmann, “Inhomogeneous Surface Dose Distributions of ^{106}Ru Eye Plaques”, Ocul. Oncol. Pathol. 4(1), 21–22 (2018)), debido a una deposición inhomogénea del radioisótopo durante la fabricación. Debido a estos motivos, nos propusimos desarrollar un método experimental práctico para determinar la distribución de dosis de las placas, en planos perpendicular y paralelo al eje de la placa, utilizando película radiocrómica.

Desde un punto de vista más práctico, este artículo es una continuación natural de un trabajo publicado en Med Phys (M. Hermida-López, “Calculation of dose distributions for 12 $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ ophthalmic applicator models with the PENELOPE Monte Carlo code”, Med. Phys. 40(10), 101705 (2013)), donde obtuve mediante simulación Monte Carlo la distribución de doce modelos de placas de $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$, y que fue reseñado anteriormente en esta revista. Ese artículo fue el punto de partida de mi tesis doctoral sobre la dosimetría de las placas

de $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ (M. Hermida-López, Improvements to the dosimetry of $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ ophthalmic plaques: Monte Carlo simulations and radiochromic film measurements (Tesis doctoral. Universität Duisburg-Essen, 2016). Disponible en <https://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DocumentServlet?id=43110&lang=en>), dirigida por el Priv.-Doz Dr. Lorenzo Brualla, coautor del presente artículo. El capítulo final de la tesis se corresponde con el artículo reseñado.

¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

Los mayores retos fueron el diseño del montaje experimental, y el estudio de las incertidumbres asociadas. Queríamos encontrar un método experimental que cumpliera varios requisitos: 1) que fuese práctico, utilizando equipamiento y accesorios fácilmente disponibles en un departamento de física médica; 2) que permitiese medir la dosis absorbida directamente en agua, para evitar la incertidumbre asociada a la conversión de maniquí plástico a agua; y 3) relacionado con el anterior, que evitase el uso de maniqués sólidos adaptados a las placas, que no están disponibles en la mayoría de centros. Fue necesaria una fase de ensayo y error probando diversos montajes hasta encontrar la disposición propuesta en el artículo.

Por otro lado, hicimos un gran esfuerzo para estimar de la forma más rigurosa posible las fuentes de incertidumbre experimental. Entre otras contribuciones, estimamos mediante simulación Monte Carlo la influencia del material del maniquí en la dependencia energética de la película radiocrómica EBT3 utilizada en las medidas. Este estudio se publicó como nota técnica en *Med Phys* (M. Hermida-López, L. Lüdemann, A. Flühs, and L. Brualla, "Technical Note: Influence of the phantom material on the absorbed-dose energy dependence of the EBT3 radiochromic film for photons in the energy range 3 keV–18 MeV," *Med. Phys.* 41(11), 112103 (2014)).

¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

El resultado principal es el desarrollo de un método experimental práctico para determinar distribuciones 2D de dosis producidas por las placas de $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$, y muy cerca de la placa (hasta unos 2 mm). No precisa maniqués sólidos, que no están al alcance de la mayoría de centros, y basta con equipamiento básico que se encuentra en cualquier departamento de física médica. Las medidas ofrecen buena concordancia con los certificados de calibración y simulaciones Monte Carlo publicadas previamente. La incertidumbre experimental obtenida es del orden o menor que la reportada por otros autores y por el fabricante de las placas.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

El método propuesto puede facilitar a los usuarios el control de calidad preclínico de las placas. El Task Group 167 de la AAPM (R. Nath, M.J. Rivard, L.A. DeWerd, et al., "Guidelines by the AAPM and GEC-ESTRO on the use of innovative brachytherapy devices and applications: Report of Task Group 167," *Med. Phys.* 43(6), 3178–3205 (2016)). recalca la importancia de tener una buena caracterización de la distribución de dosis producida por fuentes de braquiterapia, ya sea con simulaciones Monte Carlo o con medidas experimentales. Ya que está reportado que puede haber diferencias apreciables en la distribución del radioisótopo entre distintas placas del mismo modelo, el método propuesto puede ayudar a los usuarios de las placas a seguir las recomendaciones del Task Group 167.



Impact of cardio-synchronous brain pulsations on Monte Carlo calculated doses for synchrotron micro- and mini-beam radiation therapy

Manchado de Sola F, Vilches M, Prezado Y, Lallena AM
 Med Phys 2018;45:3379-90.

Francisco Manchado de Sola

Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica, Hospital Juan Ramón Jiménez, Ronda Exterior Norte, s/n, E-21005 Huelva, Spain.
franciscomanchadodesola@gmail.com

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Las terapias con micro- (MRT) y mini-haces (MBRT) se proponen como estrategias alternativas en el tratamiento de tumores particularmente agresivos, como el glioblastoma, que requieren impartir altas dosis en regiones relativamente extensas alrededor del tumor. En tales condiciones, la radioterapia convencional comprometería seriamente los tejidos normales y órganos de riesgo en las inmediaciones de la zona a tratar. Sin embargo, tanto MRT como MBRT usan combinaciones de haces sub- milimétricos de manera que la dosis impartida resulta fraccionada espacialmente, presentando una secuencia de picos y valles. Los tratamientos son tanto más eficientes cuanto más alta es la razón de dosis de picos a valles (PVDR): una baja dosis en los valles para preservar los tejidos normales y una alta dosis en los picos para conseguir el control tumoral. La viabilidad clínica de estas nuevas técnicas vienen investigándose desde hace algunos años en varios centros alrededor del mundo (el European Synchrotron Radiation Facility, el Brookhaven National Laboratory y el Australian Synchrotron).

En el caso de tumores cerebrales, una de las limitaciones más importantes para este tipo de terapias es la posible pérdida de definición en la distribución de dosis debida a las pulsaciones cardio-sincrónicas. A pesar de ello, hasta ahora no se había hecho un estudio sistemático y detallado del efecto de estas pulsaciones y del movimiento del cerebro en la dosimetría de MRT y MBRT. En este trabajo nos planteamos analizar ese problema, tratando de establecer consecuencias tan generales como fuera posible.

¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

La principal dificultad con la que nos encontramos fue la de realizar las simulaciones considerando los haces de entrada en los que estábamos interesados. Los haces de MRT y MBRT están configurados como una secuencia de picos de cierta anchura, w , cuyos centros están separados por una distancia c-t-c. Con el fin de estudiar las distintas posibilidades que habían sido propuestas y/o analizadas en trabajos previos, consideramos campos de 1 cm \times 2 cm y 2 cm \times 2 cm, con $w = 25$ y 50 mm y c-t-c = 200 y 400 mm, para MRT, y $w = 600$ y 1000 mm y c-t-c = $2w$, para MBRT. Además de esto hay que tener en cuenta la velocidad de movimiento del cerebro, para la que escogimos el máximo valor reportado en la bibliografía, $v = 0.2$ cm/s, la dosis total impartida, D , y la tasa de dosis, \dot{D} . Dada la variedad de valores considerados en investigaciones anteriores para estas dos últimas cantidades, usamos el desplazamiento total del blanco durante la irradiación: $\delta = vD/\dot{D}$. Ésto permite explicar el efecto del movimiento del cerebro en términos de haces de entrada en los que los picos, en lugar de tener una subida y una bajada abruptas, presentan una "rampa" de entrada y otra de salida cuya pendiente está relacionada con δ , w y c-t-c.

Definido el problema de esta forma, el siguiente obstáculo fue realizar las simulaciones específicas ya que hacer una por cada configuración del haz de entrada habría sido imposible dado el tiempo de cálculo requerido. Para solventar ese problema se realizó una única simulación correspondiente a un haz con un solo pico de 1 mm de ancho, centrado en el campo de irradiación, en la que se determinó la dosis en un maniquí que representaba el cerebro, incluyendo el cráneo y la piel que lo envuelve. La dosis correspondiente a cada configuración de MRT o MBRT se reconstruyó a partir de la calculada en la simulación antes mencionada. Para comprobar la fiabilidad del método de reconstrucción diseñado se hicieron algunas simulaciones completas, encontrándose un buen acuerdo entre los resultados de aquel y los de estas.

¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

En este estudio hemos cuantificado distintos efectos que, en general, pueden considerarse intuitivos. Como era de esperar, el efecto del movimiento cerebral reduce PVDR con respecto al valor que toma en el caso estático

en que dicho movimiento no se considere. Ese efecto es más importante en MRT que en MBRT, siendo posible recuperar valores de PVDR del orden del 80% del valor estático en MBRT y solo del 60%, como máximo, en MRT. Para un valor de w dado, PVDR disminuye al aumentar δ . Por otro lado, PVDR crece con w , tendiendo a un valor límite que varía entre 10 y 25, para MRT, y entre 7 y 9 para MBRT.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Dado el importante efecto que el movimiento cerebral debido a las pulsaciones cardio-sincrónicas en el caso de MRT, su aplicación a humanos requeriría la utilización de técnicas auxiliares como el *gating* cardíaco. Además, en este caso sería necesario realizar estudios biológicos específicos para valorar los efectos concretos que pudieran producirse por el uso de altas dosis totales. En MBRT se podrían utilizar configuraciones con dosis totales y tasas de dosis mucho más bajas que en MRT, lo que permite pensar que la técnica pudiera llevarse a cabo también con equipos de radioterapia convencional.

Los resultados cuantitativos del estudio realizado permiten establecer las configuraciones óptimas de tratamiento, de acuerdo a las características de la instalación concreta que se vaya a utilizar. Esto se hace en términos de límites de uso para la combinación de w , c-t-c y δ , por debajo de los cuales el efecto del emborronamiento compromete dosimétricamente el patrón de irradiación, los valores aceptables de PVDR y, como consecuencia, la ventaja clínica. Por tanto, nuestros resultados pueden servir de ayuda en la práctica clínica con estas técnicas radioterápicas.



Effect of noise on MTF calculations using different phantoms

González-López A
Med Phys 2018;45:1889-98.

Antonio González López

Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca, ctra. Madrid-Cartagena, 30120, El Palmar, Murcia.
antonio.gonzalez7@carm.es

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Este trabajo es la continuación de tres trabajos previos en los que se desarrollaban métodos de sobre-muestreo para el análisis de imágenes de patrones periódicos y se estudiaba su aplicación al cálculo de la MTF de un sistema de imagen. La motivación particular fue la determinación de expresiones que evaluaran la incertidumbre de los cálculos de MTF para diferentes métodos basados en patrones periódicos y para el método de borde, que se usa como referencia por ser el más utilizado en la actualidad y el recomendado por la CEI (Comisión Electrotécnica Internacional).

¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

El principal reto fue el desarrollo de la teoría para obtener las expresiones. En la literatura existían expresiones para métodos basados en patrones no periódicos, como la rendija, el hilo o el borde. Estas expresiones se obtenían en el dominio continuo en un primer momento y se particularizaban para el caso discreto posteriormente. El enfoque al abordar este trabajo fue diferente, pues la propagación de incertidumbres desde el ruido en la imagen a los valores calculados de MTF se realizó directamente en el dominio discreto. Este enfoque facilitó el cálculo de las incertidumbres usando patrones periódicos, que no se había realizado anteriormente. Paralelamente se realizaron simulaciones de Monte Carlo para validar los resultados teóricos.

¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

El resultado más importante del estudio es que los patrones periódicos proporcionan determinaciones de la MTF más exactas y precisas que el borde. Las diferencias se acentúan cuando los niveles de ruido en la imagen son altos y cuando las frecuencias a las que se calcula la MTF son también altas.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Actualmente el método de borde es el más utilizado en equipos de radiología convencional para el cálculo de la MTF. El desarrollo de algoritmos, software y maniqués para su aplicación en la práctica clínica se ha hecho fundamentalmente para este método. Por el contrario, los maniqués basados en patrones periódicos rara vez se emplean para algo más que una evaluación visual de la resolución del sistema. Por este motivo, su diseño y los materiales de los que están hechos no son tan adecuados para medidas cuantitativas, y no hay software disponible para el cálculo de la MTF. Los resultados del estudio sugieren explotar las ventajas de los maniqués periódicos en la determinación cuantitativa de la resolución espacial de un sistema de imagen. Para ello sería necesario el desarrollo de nuevos maniqués, con características técnicas más avanzadas que los existentes, y aplicaciones informáticas adaptadas a los patrones periódicos.



Phantom, clinical, and texture indices evaluation and optimization of a penalized-likelihood image reconstruction method (Q.Clear) on a BGO PET/CT scanner

Reynés-Llompart G, Gámez-Cenzano C, Vercher-Conejero JL, Sabaté-Llobera A, Calvo-Malvar N, Martí-Climent JM
Med Phys 2018;45:3214-22.

Gabriel Reynés Llompart

Unidad PET. Departamento de Medicina Nuclear, IDI. Hospital del Vall d'Hebron, Barcelona
Departamento de Física Médica, Institut Català d'Oncologia, L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona.
Gabriel.reynes@idi.gencat.cat

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Los métodos de reconstrucción más usados a nivel clínico en PET son las distintas variaciones del OSEM (ordered-subset expectation maximization) con PSF (point-spread-function). Estos tienen un límite intrínseco en que para obtener una mejor cuantificación es necesario realizar muchas iteraciones, pero al iterar demasiado el ruido invade la imagen. Para evitar esto, se debe limitar las iteraciones y/o aplicar un post-suavizado a la reconstrucción; ambas soluciones implican un degradado en la cuantificación y definición (resolución) del estudio.

Desde hace ya bastante tiempo se está investigando de los algoritmos bayesianos penalizados, como una posible solución a estos problemas, aunque nunca se habían llegado a aplicar clínicamente por motivos varios. El algoritmo Q.Clear es la reciente implantación por parte de GE Healthcare de uno de estos algoritmos.

Usando este algoritmo el aspecto general de la imagen mejora, al igual que la cuantificación de lesiones, como se ha observado en varios estudios en un tomógrafo PET/CT con cristales detectores LYSO. No obstante, faltaba verificar el comportamiento en sistemas con cristales BGO y estudiar casos más generales con distintas relaciones de lesión-fondo y cuentas totales.

¿Cuáles fueron los principales retos y dificultades para realizar el trabajo?

Probablemente lo más complejo fue relacionar los hallazgos en un maniquí, en donde las condiciones están muy controladas, con los resultados en pacientes reales para extraer conclusiones que tengan una aplicación clínica.

¿Cuál ha sido el hallazgo y los resultados más importantes del estudio?

Definimos el impacto visual y cuantitativo del efecto de variar la penalización, en maniquí y pacientes reales, bajo distintas condiciones de concentración y actividad.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Obtener la imagen diagnóstica PET/CT de mejor calidad, al aportar los valores óptimos del parámetro de la penalización para la reconstrucción en estudios de torso y de cerebro en un sistema BGO; pero también concluimos que la reconstrucción ideal depende de la zona anatómica que se quiera adquirir. Por otro lado, advertimos que aumentar la penalización puede llevar a imágenes visualmente atractivas pero se corre el riesgo de obviar lesiones pequeñas.

Colección FUNDAMENTOS DE FÍSICA MÉDICA

¡YA ESTÁ COMPLETA!

Objetivos de la colección:

01

Cubrir gran parte del programa teórico de formación de la especialidad, lide RFH.

02

Uniformizar los conocimientos teóricos de base para todos los especialistas en formación.

03

Armonizar el léxico y la terminología en el ámbito de la Física Médica.



En su conjunto, los diez libros van dirigidos a especialistas en formación en la especialidad de RFH, (fundamentalmente los residentes de primero y segundo año de la especialidad), así como a titulados superiores que quieran adquirir o mejorar sus conocimientos en el área de la Física Médica.

Por medio de esta colección, se pretende además, difundir el contenido de nuestros cursos entre todos los profesionales de la Física Médica de habla hispana que deseen acercarse a nuestros textos y tener a su disposición un libro de consulta en español.

www.auladoc.com

Información y pedidos en:



+34 5428282



info@auladoc.com



Madrid