



Revisión de Artículos

Francisco Clemente*

Comité de Redacción.

Estimados amigos,

Mi primer deseo es esperar que todos vosotros, así como vuestro entorno, os encontréis lo mejor posible dentro de esta situación que hemos pasado, y que continuamos viviendo a día de hoy. Es por ello que el agradecimiento a los autores que han contribuido con estas reseñas debe ser, si cabe, mayor que el habitual, puesto que todos somos conocedores de las situaciones de estrés por las que atravesamos a día de hoy.

En la primera de las reseñas, Juan Pardo nos presenta un trabajo acerca de la dosimetría interna de pacientes sometidos a exploraciones con FDG en estudios PET. Para la segunda de las propuestas, hemos podido contar con Jordi Sáez, dentro del área de estudio de la caracterización de los colimadores multilámina (MLC) en los sistemas de planificación. José Pérez-Calatayud nos ofrece, en la siguiente contribución, el desarrollo por parte del grupo de Valencia de un maniquí para el control de calidad de un equipo móvil para radioterapia intraoperatoria. Finalmente, los dos últimos comentarios se centran en el área de terapia con protones. En el primero de ellos, Ana Baratto nos presenta un interesante estudio de radiobiología con protones de baja energía. En el segundo, Alejandro Carabe nos presenta el papel de las técnicas en arco en el campo de la protonterapia, con una reseña a un trabajo publicado en el prestigioso British Journal of Radiology.

Esperamos, una vez más, que los trabajos presentados sean de vuestro agrado. Incidiendo nuevamente en el punto comentado inicialmente, dentro del escenario de excepcionalidad que estamos viviendo, me gustaría remarcar el agradecimiento a los autores de estas reseñas por sus contribuciones y su tiempo.

Un fuerte abrazo, y ánimos para todos.

* Correspondencia
Email: pclementegutierrez@gmail.com



Quantification of internal dosimetry in PET patients: individualized Monte Carlo vs generic phantom-based calculations

Neira S, Guiu-Souto J, Díaz-Botana P, Pais, Carlos Fernández P, Pubul V, Ruibal Á, Candela-Juan C, Gago-Arias A, Pombar M, Pardo Montero J
 Med Phys 2020;DOI:10.1002/mp.14344.

Juan Pardo Montero

Grupo de Física Médica y Biomatemáticas, Instituto de Investigación Sanitaria de Santiago de Compostela (IDIS). Servizo de Radiofísica e P.R., Complexo Hospitalario Universitario de Santiago (CHUS).

juan.pardo.montero@sergas.es

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

La principal motivación ha sido la necesidad de desarrollar nuevos métodos dosimétricos precisos e individualizados para afrontar el problema de la dosimetría interna en pacientes sometidos a procedimientos médicos con radionucleidos, tanto terapéuticos como diagnósticos. La nueva directiva 2013/59/EURATOM de la Comisión Europea también ha supuesto un empuje regulatorio para este tipo de desarrollos.

Esto nos motivó a ensamblar un gran equipo de trabajo para estudiar este problema, con la participación de los Servicios de Radiofísica y Medicina Nuclear del Centro Oncológico de Galicia (A Coruña) y del Complejo Hospitalario Universitario de Santiago, y también del Centro Nacional de Dosimetría. Debemos agradecer la financiación del Instituto de Salud Carlos III y de la Unión Europea, que nos ha permitido desarrollar este trabajo.

Aunque en este estudio nos hemos centrado en la dosimetría de pacientes sometidos a FDG-PET (diagnóstico), la ambición última es aplicar los desarrollos de este trabajo a radioterapia metabólica.

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

Sin duda, el paso más importante y complicado ha sido el desarrollo y validación del método de cálculo Monte Carlo sobre la geometría del paciente basado en el código GATE. Se trata de una parte del estudio que requiere de un trabajo muy metódico y minucioso, que muchas veces pasa desapercibido en este tipo de trabajos. También, la necesidad de obtener y procesar todas las imágenes PET/CT necesarias para el estudio. Por último, tratándose de un estudio clínico, todo el protocolo relacionado con la autorización del estudio por parte del comité ético correspondiente y de la AEMPS.

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

Hasta donde sabemos, por primera vez se ha estudiado la dosimetría interna individualizada en una cohorte importante de pacientes (14) sometidos a FDG-PET. Hemos encontrado diferencias significativas al intercomparar dosis calculadas mediante dosimetría Monte Carlo individualizada (nuestro método) y dosis calculadas con otros métodos dosimétricos generalistas basados en maniqués antropomórficos y biocinética poblacional, estos son, los factores S, desarrollados por diferentes autores como Stabin, Cristy-Eckerman o la ICRP-133.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Creemos que este tipo de estudios activarán el interés en el desarrollo de más y mejores métodos para dosimetría interna en pacientes sometidos a procedimientos médicos con radionucleidos, tanto terapéuticos como diagnósticos.

La determinación de la dosis a pacientes en medicina nuclear presenta todavía un amplio margen de mejora hasta llegar a la precisión y exactitud alcanzados en radioterapia externa actualmente. En nuestra opinión, este es el camino a seguir para explotar al máximo el potencial de la radioterapia metabólica y estudiar de manera adecuada la relación dosis-efecto.



A novel procedure for determining the optimal MLC configuration parameters in TPSs based on measurements with a Farmer chamber

Saez J, Hernandez V, Goossens J, De Kerf G, Verellen D

Phys Med Biol 2020;65(15):155006;DOI:10.1088/1361-6560/ab8cd5.

Jordi Sáez

Departamento de Oncología Radioterápica. Hospital Clínic de Barcelona.
jordi.saez@gmail.com

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

En los últimos años hemos centrado nuestra atención en el estudio y caracterización de los colimadores multilámina (MLC) en los sistemas de planificación y cálculo. En uno de nuestros trabajos anteriores (Phys Med Biol 2017;62:6688-707) introdujimos un conjunto de tests dinámicos, denominados *asynchronous sweeping gaps*, basados en la clásica ventana deslizante, en los que modificábamos la distancia entre láminas adyacentes. Estos tests nos permitieron mostrar que era posible evaluar el modelado del lateral de las láminas (*tongue-and-groove*) a través de medidas con una cámara Farmer y de dosis promedio en el sistema de planificación y cálculo. A raíz de ese trabajo, realizamos una propuesta para un nuevo modelo del colimador multilámina que proporcionara una mayor exactitud (Phys Med Biol 2018;63:245005). Con ello adquirimos un conocimiento profundo de las bondades y limitaciones del modelo de MLC en el sistema de planificación Eclipse con colimadores Varian (*Millennium* y *HD120*), lo que nos permitió explicar el motivo por el cual es necesario modificar el valor del *Dosimetric Leaf Gap* en Eclipse para obtener resultados de control de calidad óptimos en las verificaciones pre-tratamiento de planes de paciente (J Appl Clin Med Phys 2019;1-10). Este trabajo recibió el premio George Starkschall de la AAPM al mejor artículo en física aplicada a la radioterapia de la revista del año 2019. El objetivo de nuestro último trabajo en este campo era consolidar nuestras ideas en un formalismo general y aplicarlo a un modelo para el MLC de mayor complejidad, como es el de *RayStation*.

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

El principal reto en la realización de este trabajo fue trabajar con un sistema de planificación y cálculo desconocido para nosotros (*RayStation*) y al que habíamos tenido solo acceso en modo de pruebas en la fase preliminar (gentileza de *BioTerra*, S.L.). Para la validación definitiva del procedimiento colaboramos con el grupo de Dirk Verellen en el Iridium Kankernetwerk (Bélgica), que trabaja clínicamente con *RayStation* y tiene un acuerdo de investigación con *RaySearch Laboratories*. Otro de los pequeños obstáculos, éste de carácter puramente técnico, fue importar sin errores en *RayStation* los mismos planes que se importaban sin problema en *Eclipse*. Para ello fue necesario profundizar en el estándar DICOM y la conexión entre los diferentes objetos en radioterapia.

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

Este trabajo refuerza alguna de las ideas que hemos introducido en nuestros trabajos anteriores. Aunque pueda parecer contra-intuitivo, la utilización de una cámara de ionización de gran tamaño (tipo cámara Farmer) presenta grandes beneficios cuando se trata de evaluar los pequeños detalles del MLC. En el caso del sistema de planificación *RayStation*, nuestro abordaje permitió separar de forma analítica la contribución de los diferentes parámetros de configuración del MLC (*tongue-and-groove width*, *leaf tip width* y *offset*), permitiendo determinar sus valores óptimos. Otra consecuencia interesante del procedimiento fue la descomposición del desplazamiento dosimétrico de las láminas (*offset*) en una componente intrínseca, debida al modelo utilizado para la punta de las láminas, y otra componente extrínseca con el desplazamiento real de la punta respecto a su posición de calibración. Con los parámetros obtenidos siguiendo este procedimiento se alcanza un conjunto de valores óptimo con los que se obtienen resultados satisfactorios en las pruebas de control de calidad de planes específicos de pacientes.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Creemos que las repercusiones de este trabajo son amplias. Por un lado, y desde un punto de vista del trabajo clínico habitual de los físicos médicos, el procedimiento que introducimos en este trabajo es útil para estudiar el efecto de los diferentes componentes del modelado del MLC en los sistemas de planificación y

cálculo mediante el uso de un detector dosimétricamente robusto, como una cámara de ionización de gran volumen. Este procedimiento permite obtener los valores de configuración del MLC óptimos sin necesidad de realizar un proceso iterativo y tedioso de ajuste de estos parámetros a partir de medidas de una selección de planes de tratamiento. Por otro lado, el método expone las limitaciones en los modelos de MLC en los sistemas de planificación, por lo que permitirá implementar mejoras en el futuro. Finalmente, puesto que el método es aplicable a cualquier sistema de planificación y cálculo, posibilita la evaluación del modelo del MLC utilizando un conjunto de medidas común.



Phantom development for daily checks in electron intraoperative radiotherapy with a mobile linac

Pérez-Calatayud J, Sanchis-Sánchez E, Collado J, González V, Pérez-Calatayud I, Pérez-Calatayud MJ, Chimeno J, Carmona V, Bonet-Sancho JL, García-Sánchez AJ, Sanchis E
 Phys Med 2020;76:109-16;DOI.org/10.1016/j.ejmp.2020.07.007.

José Perez-Calatayud

Servicio de Oncología Radioterápica, Hospital Universitario La Fe. Avda Abril Martorell 106, 40026 Valencia.
perez_jos@gva.es

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

El objetivo principal del trabajo ha sido la construcción de un maniquí para la realización de los controles diarios, antes de cada irradiación en radioterapia intraoperatoria mediante un acelerador portátil. Se persiguió el desarrollo de un sistema que minimizase la radiación necesaria en el control diario, dando la mayor información dosimétrica posible, y, de esta manera, limitar al mínimo los traslados del equipo a los búnkeres de radioterapia para completar los controles periódicos necesarios. Las características principales del maniquí son: a) monitorización del haz completo, no solo dosis de referencia y constancia de energía sino también la homogeneidad del haz, b) fácil montaje con enclavamiento directo en la parte superior de uno de los aplicadores del acelerador de intraoperatoria y c) desarrollo de una aplicación específica para el análisis sencillo y rápido de los resultados.

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

Para garantizar la estabilidad del equipo se decidió utilizar cámaras de ionización. En estos haces de electrones extremadamente pulsados hubo que hacer uso de cámaras con correcciones por saturación pequeñas, como la *Advanced Markus* de *PTW*, siendo necesarias 6 de ellas, lo que constituyó uno de los principales obstáculos del trabajo. Finalmente pudo resolverse gracias a una colaboración especial en este proyecto con *PTW Iberia*. Otro reto lo constituyó la construcción del maniquí con la integración adecuada de las cámaras, también se resolvió gracias a la ayuda de *PTW Iberia*. La realización de la aplicación para el análisis de resultados e informes corrió a cargo de la colaboración con el Departamento de Ingeniería Electrónica de la ETSE (Universidad de Valencia). Finalmente, la determinación de unos niveles sólidos de referencia constituyó un reto que obligó al estudio de la evolución de las medidas, así como la comparación de las mismas frente a sistemas de dosimetría más establecidos.

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

En nuestra modesta opinión, pensamos que se ha confeccionado un maniquí muy útil y así lo evidenciamos durante ya dos años de uso en el hospital. La fiabilidad y reproductibilidad del mismo permiten una gran confianza en la verificación del haz, no sólo en eje, en este tipo de radioterapia con acto único. A su vez, el anclaje tan sencillo junto con el pequeño inserto deslizable para la evaluación de la constancia de energía, permiten una colocación y preparación extraordinariamente rápidas.

Por otro lado, este tipo de estudios demuestran lo importante que son las colaboraciones tanto entre instituciones como con empresas, haciendo realidad productos muy útiles con notables mejoras en la práctica clínica, que de otra forma sería muy difícil el abordarlos.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Una de las limitaciones del equipo es que la monitorización del haz no se realiza exactamente en el plano clínico (al final del aplicador completo) habiendo primado la facilidad de colocación, dado que el objetivo final era asegurar una constancia. En una segunda fase del proyecto, se está desarrollando una nueva versión que sí va a permitir la medida al final del aplicador completo y, por tanto, una relación más directa de las eventuales variaciones con el haz clínico.



Preparation of a radiobiology beam line at the 18 MeV proton cyclotron facility at CNA

Baratto-Roldán A, Jiménez-Ramos MC, Jimeno S, Huertas P, García-López J, Gallardo MI, Cortés-Giraldo MA, Espino JM
 Phys Med 2020;74:19-29.DOI:<https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2020.04.022>.

Anna Baratto Roldán

Centro Nacional de Aceleradores, Sevilla 41092, Spain
 Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear, Universidad de Sevilla, Sevilla 41012, Spain.
abaratto@us.es

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Las investigaciones biofísicas con aceleradores de protones han ido adquiriendo mayor interés en las últimas décadas, debido a la difusión de centros de terapia con protones en todo el mundo que han puesto de manifiesto, por un lado, los prometedores resultados obtenidos con esta técnica en el tratamiento de determinados tumores, pero, por otro, la necesidad de profundizar en el estudio de la acción biológica de este tipo de radiación.

En los últimos años, investigadores del Centro Nacional de Aceleradores (CNA) y de la universidad de Sevilla se han interesado en la preparación de líneas de haz para experimentos de radiobiología con protones de bajas energías, en dos aceleradores del CNA: el tándem de 3 MV, que proporciona protones de hasta 6 MeV, y el ciclotrón, que acelera protones hasta 18 MeV. La primera línea de radiobiología de baja energía se instaló en el tándem (Battaglia et al., Phys Rev Accel Beams 2016;19:064701) mientras que en este estudio se presenta la puesta a punto y la primera irradiación de cultivos celulares en la línea de haz externo del ciclotrón, tratándose de las dos primeras instalaciones de este tipo en España.

Pero ¿cuál es el interés de hacer irradiaciones de cultivos celulares con protones de baja energía?

Hoy en día, en tratamientos de protones, se suele utilizar un valor uniforme de Eficacia Biológica Relativa (RBE en inglés) igual a 1.1, lo que quiere decir que se considera que los protones son un 10% más eficaces que los fotones en destruir las células tumorales. Aun así, cada vez hay más evidencia de que la RBE de protones no es constante, sino que crece al aumentar la Transferencia Linear de Energía (LET) conforme el haz se va frenando en los tejidos. Por ello, son necesarios estudios de RBE de protones a bajas energías para controlar las variaciones del RBE en la proximidad del pico de Bragg. Esta zona es especialmente importante en los bordes del tumor y podría ser que podrían ser significativas a la hora de optimizar planes de tratamiento de protones. Hay pocas instalaciones de protones que puedan proporcionar un haz de baja energía (por debajo de 20 MeV) casi monocromático y poco degradado, ya que las energías utilizadas en terapia con protones suelen ser mayores de 70 MeV. El CNA, con sus dos instalaciones de protones, puede ayudar a cubrir ese rango de energías proporcionando haces “limpios” con poca dispersión de energía.

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

Los experimentos de radiobiología con protones y otros iones requieren condiciones particulares, tanto desde el punto de vista físico como biológico, que han tenido que ser afrontadas singularmente en el desarrollo de la línea de radiobiología en el ciclotrón. En primer lugar, la distribución de dosis debe ser homogénea en toda la superficie de la muestra irradiada, y la dosis impartida por unidad de tiempo debe ser comparable con la estándar en la práctica clínica (unos 2 Gy/min). Por ello, ha sido necesario disminuir la intensidad del haz hasta el límite soportado por la fuente del ciclotrón, utilizarlo sin focalizar y dispersarlo con láminas metálicas. Por otra parte, con aceleradores de baja energía, el corto alcance en agua de los protones a estas bajas energías limita el rango de aplicaciones disponibles, y obliga a irradiar las muestras celulares en placas de cultivo abiertas, expuestas al aire y a posibles contaminaciones, por lo que la irradiación debe ser lo más rápida posible y el haz debe estar perfectamente caracterizado. Finalmente, dado que las muestras se componen de materia viva, el control de los parámetros ambientales, como temperatura, presión y humedad, ha sido fundamental para el buen desarrollo y resultado de la medida.

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

En la línea de haz externo del ciclotrón de 18 MeV, hemos puesto a punto un sistema para la irradiación de cultivos celulares mono capa. Para mejorar la homogeneidad y disminuir la intensidad, hemos usado un haz sin focalizar y degradado con una lámina de aluminio de 0.5 mm de espesor, situada dentro de la línea de vacío a una distancia de 2 m de la ventana de salida. También hemos hecho medidas a distintas distancias de dicha ventana para determinar las mejores condiciones de irradiación, asegurando desviaciones máximas en la homogeneidad menores de un 10% en una superficie circular de 35 mm de diámetro, medida que corresponde a la dimensión estándar de un pozo de cultivo de Petri. Para ello hemos utilizado películas radiocrómicas *EBT3* y una cámara de ionización especialmente diseñada en el laboratorio del GSI – Helmholtz Centre for Heavy Ion Research (Darmstadt, Alemania), así como un soporte desarrollado para el alojamiento de placas de cultivo durante la irradiación. Además, hemos comparado todos los resultados experimentales con simulaciones Monte Carlo hechas con Geant4, donde se ha reproducido fielmente la geometría de la línea externa del ciclotrón. Finalmente, hemos llevado a cabo con éxito un experimento preliminar con cultivos celulares, en el que se han irradiado células de osteosarcoma de hueso humano con dos diferentes dosis de protones.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Con este estudio hemos conseguido demostrar que la línea de haz externo del ciclotrón de 18 MeV, instalada en el CNA, se puede utilizar para experimentos biológicos de irradiación de cultivos celulares mono capa con protones. Este tipo de medida es relevante para comprender más a fondo la variación del RBE en proximidad del pico de Bragg, y esperamos que la instalación atraiga el interés de otros grupos de investigación.

Is there a role for arcing techniques in proton therapy?

Carabe-Fernandez A, Bertolet-Reina A, Karagounis I, Huynh K, Dale RG
Br J Radiol 2020;93(1107):20190469;DOI:10.1259/bjr.20190469.

Alejandro Carabe Fernández

Department of Radiation Oncology, University of Pennsylvania, Philadelphia, USA.
a.carabe@pennmedicine.upenn.edu

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

La protonterapia es una modalidad de radioterapia en auge, pero no es ni muchísimo menos una nueva modalidad. Desde que fuera propuesta como modalidad de tratamiento en 1946 por el físico Robert R Wilson, los primeros pacientes no comenzaron a tratarse hasta la década de los 50. Por tanto, esta modalidad se empieza a acercar a su primer siglo de uso. Sin embargo, no se han tratado con ella tantos pacientes como

se han tratado con radioterapia convencional (fotones y electrones) por motivos tanto técnicos como de coste de los equipos de tratamiento. A medida que los elementos necesarios para la producción (acelerador) y el transporte desde el acelerador hasta el paciente (óptica) de los protones se han ido abaratando, así como las especificaciones técnicas se han ido desarrollando para poder usar esta tecnología con mayor versatilidad. Entre estos avances tecnológicos, se encuentra la posibilidad de irradiar un determinado volumen tumoral mediante escaneo activo del haz de protones usando campos electromagnéticos variables. Esta técnica, bautizada en inglés como *pencil beam scanning* (PBS), permite alcanzar una mayor conformidad de la dosis alrededor del tumor. En consecuencia, gracias a esta conformidad lateral que provee dicho escaneo, así como la conformidad distal que provee el hecho de que los protones paran a una profundidad proporcional a su energía, se puede reducir drásticamente la dosis a los tejidos sanos colindantes al tumor, reduciendo por tanto la probabilidad de complicaciones inducidas por la irradiación de dichos tejidos. Sin embargo, en numerosos estudios publicados recientemente, se ha demostrado que tejidos sanos expuestos a dosis de irradiación por protones dentro de su tolerancia clínica, han mostrado reacciones no esperadas. En su trayectoria a lo largo del tejido, los protones van frenando como consecuencia de sus colisiones con los electrones atómicos hasta que llegan a un punto de reposo donde, según la ecuación de Bethe-Bloch, los protones depositan la mayor cantidad de energía (correspondiente al pico de Bragg). Es precisamente a esta profundidad donde, al depositarse la mayor cantidad de energía, los protones son más efectivos en producir mayor daño biológico. Si la pérdida de energía por colisión de los protones está cuantificada en términos de el parámetro *Lineal Energy Transfer* (LET), podemos por tanto decir que el aumento de efectividad biológica incrementa con el LET de los protones a medida que nos acercamos al aspecto distal del pico de Bragg. Es por esto que la dosis depositada en aquellos tejidos sanos que colindan con la parte distal del tumor va a tener un LET mayor que en cualquier otro punto del haz de protones. Los estudios referidos más arriba tratan de establecer una correlación entre la posición de los efectos no esperados en tejidos sanos con los valores de LET depositados en ellos, con la esperanza de observar si dichos efectos se correlacionan con valores elevados de LET. Si bien las conclusiones presentadas hasta ahora son contradictorias, en la práctica se intenta que la parte distal de los haces de protones usados para tratar a pacientes no se encuentren cerca de tejidos críticos como la médula, nervios ópticos, etc... para poder reducir el riesgo de complicaciones en tejidos sanos (NTCP).

Una alternativa que se está considerando actualmente es optimizar la distribución de dosis de protones no solo en términos de conformidad y uniformidad, sino también en términos de la distribución de LET; es decir, bien para reducir el LET en los tejidos más críticos, o bien para aumentar el LET dentro del tumor, o bien ambos criterios simultáneamente. Dentro de este marco de optimización por criterios de LET nació dicho estudio. Este consiste en la descripción y comentario sobre *proton monoenergetic arc therapy* (PMAT), concebida como técnica que permite la optimización simultáneamente de la dosis y el LET. El origen de esta técnica se remonta a un trabajo publicado en el 2015 (DOI: 10.1016/j.ijrobp.2014.12.049) donde se demostraba la posibilidad de reducir la dosis necesaria para producir un mismo efecto clínico a medida que se aumentaba el LET en el target mediante el aumento del número de haces de protones. Este aumento de LET se conseguía haciendo que el aspecto distal de cada haz se encontrase en la región media del volumen de tratamiento. PMAT no es más que la extensión de dicho concepto a un número de haces infinito en un arco, o arcoterapia con protones. En un estudio mucho más reciente se demuestra la posibilidad de usar dicha técnica en puntos de alta heterogeneidad con buenos resultados (<https://doi.org/10.1088/1361-6560/ab9455>) así como en otro estudio también procedente de nuestro laboratorio demuestra la posibilidad de una mayor efectividad radiobiológica de PMAT (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6560/ab9370>).

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

Si bien la arcoterapia con protones ha sido un tema que se ha tratado en numerosas ocasiones en la bibliografía, el trabajo que existe es muy reducido y difícil de usar para justificar su uso. Existen al mismo tiempo dificultades técnicas pues con el sistema que tenemos en la Universidad de Pennsylvania, no podemos irradiar un volumen con protones mientras que el *gantry* (sistema de transporte de protones) rota alrededor del paciente. En consecuencia, los experimentos se realizaron “rotando el paciente”, es decir, usando un haz horizontal fijo, posicionamos las películas y especímenes biológicos en un maniquí apoyado en una plataforma giratoria. Por otro lado, las irradiaciones se tuvieron que realizar en modo de posicionamiento y disparo (*step & shoot*), pues por el momento, el *gantry* no sabe qué haz de protones se está irradiando en un ángulo determinado.

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

Las conclusiones más importantes son dos: 1. Es posible optimizar tanto dosis como LET usando haces monoenergéticos en subarcos que se pueden extender desde un grado a varios grados de rotación, en medios

heterogéneos y donde existe una gran cantidad de órganos de riesgo, como el cerebro; 2. Es posible aumentar significativamente la efectividad radiobiológica de los tratamientos de protones a través del aumento de LET que se consigue en el tumor usando PMAT.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Si bien la técnica de arco terapia con protones actualmente no se utiliza, si hay compañías que la ofrecen dentro de su repertorio de soluciones de tratamiento. El estudio aquí presentado ayuda a justificar su uso desde el punto de vista técnico como radiobiológico.

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