



Revisión de Artículos

Francisco Clemente*

Comité de Redacción.

Estimados compañeros,

En este número vuelvo a retomar la sección de Revisión de artículos tras algunos años, relevando a Julia Garayoa. En primer lugar, agradecer a Julia su dedicación durante estos números a la sección, coordinándola de forma excepcional. También, como es habitual, quiero agradecer sinceramente a los compañeros que, de forma desinteresada, han contribuido a enriquecer la presente sección de la revista.

En primer lugar, Rafael Ayala nos presenta un estudio acerca de la caracterización dosimétrica de un acelerador portátil de electrones destinado a radioterapia intraoperatoria. A continuación, María José Rot nos presenta un trabajo acerca del software MARRTA en el contexto del análisis de riesgo en radioterapia. Seguidamente, se recoge un estudio acerca del empleo de sistemas de SGRT en los tratamientos de radiocirugía sin marco, a cargo de Patricia Sánchez. Jaime Pérez-Alija nos introduce un interesante trabajo acerca del empleo de un modelo de toma de decisiones basado en *deep learning* para ayudar a la selección de los tratamientos adecuados en patología de mama. Para concluir, Maite Romero nos presenta un exhaustivo estudio acerca de las dosis totales recibidas impartidas en los tratamientos de radioterapia, tanto dosis terapéuticas, como las bajas fuera del haz y/o región anatómica de interés y las debidas a las técnicas de imagen aplicadas.

Es un placer poder compartir nuevamente el esfuerzo y dedicación de otros compañeros con vosotros. Agradezco nuevamente a los autores su tiempo y colaboración, pues sin ellos no sería posible esta sección, que espero sea de vuestro agrado.

Un afectuoso saludo.

* Correspondencia
Email: pclementegutierrez@gmail.com



Dosimetric study of bevel factors in IOERT with mobile linacs: Towards a unified code of practice

Ayala R, García R, Ruiz G, García MJ, Soza Á, Gómez S, Udías JM, Ibáñez P
Phys Med 2024 Nov;127:104836. doi: 10.1016/j.ejmp.2024

Rafael Ayala

Servicio de Dosimetría y Radioprotección, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Dr. Esquerdo 46, 28007, Madrid, Spain.

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

La caracterización dosimétrica de un acelerador portátil de electrones destinado a radioterapia intraoperatoria presenta considerables dificultades. Por un lado, la alta dosis por pulso de estos equipos implica que las cámaras de ionización sufrirán unos efectos de recombinación de iones más altos de lo normal y la determinación de estos efectos no está contemplada en los códigos de práctica actuales. Por otro lado, la determinación de factores campo para aplicadores biselados, además, involucra inevitablemente incidencias oblicuas.

Nuestro estudio compara factores campo para aplicadores biselados determinados con cámara de ionización cilíndrica, detector de diamante sintético y cálculos Monte Carlo realizados con penEasy. El objetivo es evaluar la respuesta de los dos detectores, así como posibles correcciones adicionales.

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

Las simulaciones Monte Carlo implican una descripción exhaustiva de la geometría y los materiales del acelerador, así como una elección adecuada de los parámetros de transporte. Además, las diferentes combinaciones de aplicadores y energías que ofrecen este tipo de aceleradores hacen que el tiempo de cálculo total fuera relativamente largo.

En el aspecto experimental, la nivelación de los aplicadores y el centrado y alineación de los detectores es muy importante y ha de realizarse con especial atención.

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

Los resultados del estudio muestran que el detector de diamante sin aplicar correcciones por incidencia oblicua, es el que mejor concordancia muestra con Monte Carlo. La cámara de ionización, incluso con correcciones que dan cuenta del cambio en el espectro energético de los haces oblicuos, muestra discrepancias mayores y una incertidumbre asociada mucho más alta.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Esperamos que este estudio ayude en la puesta en marcha y caracterización de este tipo de aceleradores. Nuestra recomendación es evitar el uso de cámaras de ionización para la medida de factores campo de aplicadores biselados, debido a la excesiva incertidumbre asociada a las medidas. El detector de diamante, sin embargo, ha demostrado ser una excelente opción para esta tarea.



MARRTA: Risk matrix in advanced radiotherapy

Rot San Juan MJ, Delgado Rodríguez JM, Prieto Martín C, Pérez-Mulas A, Sánchez Cayuela C, Vilanova Ciscar J, Ramírez Vera ML, Ferreras Hernández E, Ferrer Albiach C, Pardo Masferrer J, Ruíz Maqueda S, Vázquez Camello V, Suárez Hernández MJ

Physica Medica, Volume 127, 2024, 104846, doi: 10.1016/j.ejmp.2024.104846

María José Rot San Juan

Servicio de Radiofísica Hospitalaria, Hospital Universitario 12 de Octubre. Avda. De Córdoba s/n, 28041 Madrid.

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Dar continuidad al proyecto MARR, desarrollando un modelo de riesgo basado en la metodología de matrices de riesgo para tratamientos de radioterapia con técnicas avanzadas (IMRT, SBRT), ya habituales en la mayoría de los centros, y desarrollar una herramienta informática gratuita, el software MARRTA, que permita a los profesionales, sin necesidad de ser expertos en análisis de riesgos, desarrollar, adaptar y compartir modelos de riesgo ajustados a las características de su servicio.

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

El principal reto ha sido desarrollar un modelo lo más completo y depurado posible, para lo cual, en la fase final del proyecto, se contó con la colaboración de 18 hospitales que adaptaron el modelo a sus servicios y lo evaluaron junto con el software. Se recibieron 799 comentarios con sugerencias o errores encontrados en los mismos, de los cuales 468 se incorporaron total o parcialmente al modelo tras una exhaustiva revisión, lo cual supuso una carga de trabajo considerable. Adicionalmente, el desarrollo del software ha supuesto un esfuerzo sustancial, generando un retraso considerable en su lanzamiento.

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

Se identificó que el 86% de los posibles sucesos iniciadores son causados por errores humanos causados principalmente por distracciones, deficiencias o falta de comunicación entre los profesionales implicados en el tratamiento del paciente y desconocimiento de los procedimientos establecidos.

El modelo de riesgo de referencia revela que una formación adecuada, una carga de trabajo equilibrada y unas condiciones de trabajo apropiadas, sin interrupciones ni distracciones, pueden reducir a más de la mitad el riesgo asociado a estos sucesos iniciadores.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

El modelo de riesgo y software MARRTA asociado destacan por su facilidad de uso, incluso para quienes tienen un conocimiento limitado de la metodología de las matrices de riesgo. Se puede adaptar a las peculiaridades de los distintos servicios de radioterapia y ofrece al usuario un listado de defensas, algunas de ellas fácilmente implementables, para reducir errores y aumentar la seguridad de los tratamientos radioterápicos.

El software MARRTA permite introducir modelos de riesgo desde cero, lo que abre la posibilidad de aplicación en otras áreas, como la braquiterapia o la terapia metabólica.

Todo esto hace que sea una potente herramienta para cumplir con el requisito legal de la realización de análisis de riesgos en los tratamientos con radiaciones ionizantes.



New findings on clinical experience on surface-guided radiotherapy for frameless non-coplanar stereotactic radiosurgery treatments

Sánchez-Rubio P, Rodríguez-Romero R, Pinto-Monedero M, Alejo-Luque L, Martínez-Ortega J

J Appl Clin Med Phys 2024 Dec;25(12):e14510. doi: 10.1002/acm2.14510

Patricia Sánchez-Rubio

Servicio de Radiofísica, Hospital Universitario Puerta de Hierro Majadahonda, Madrid.

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Tras la sustitución en nuestro centro de un acelerador Novalis con mesa robótica con 6 grados de libertad (DoF) y sistema de IGRT basado en tubos de rayos X estereoscópicos (ExacTrac), por un acelerador TrueBeamSTX con mesa Perfect Pitch (6DoF) y con el sistema de guiado por superficie AlignRT, nuestro objetivo fue comprobar si dicho sistema nos permitía mantener, al menos, el mismo nivel de exactitud y precisión que el anterior: 0.3 mm-0.3° y 0.5 mm-0.5° para tratamientos de SRS y SRT, respectivamente. Además, queríamos comprobar si existía mejora en el control intrafracción al poder monitorizar continuamente la posición del paciente, y no sólo en el momento de la adquisición de las imágenes ortogonales de rayos X.

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

Principalmente fue el análisis de las 521 sesiones de monitorización registradas por AlignRT. Cada vez que se pausa la monitorización de la superficie, AlignRT genera un archivo con formato csv, que contiene la variación de los desplazamientos laterales (LAT), longitudinales (LONG) y verticales (VRT), las rotaciones *roll*, *pitch* y *yaw*, así como los tiempos en los que se administra o interrumpe el tratamiento. La inhibición del haz se produce cuando el movimiento del paciente supera los umbrales establecidos, pero también cuando se ocluye alguna de las cámaras o la propagación de la región de monitorización no es correcta o lo suficientemente extensa para las posiciones de mesa más extremas (próximas a $\pm 90^\circ$ de rotación). Tal variabilidad impidió la automatización del estudio de los ficheros csv, obligando a un análisis manual que permitiera discernir la causa de la interrupción del haz a partir de la información temporal contenida en los informes en formato pdf generados por AlignRT y la información registrada en la aplicación *Offline Review* de Aria. Para facilitar el análisis, fue fundamental establecer un flujo de trabajo claro que fuera fielmente seguido por los técnicos de radioterapia. Dicho flujo fue definido previamente (Radiotherapy and Oncology 161:S1465-S1466; August 2021; DOI: 10.1016/S0167-8140(21)08194-9) a que aparecieran publicadas las primeras recomendaciones sobre flujos de trabajo para SRS, como el Report 302 de AAPM de Al-Hallaq et al, y que posteriormente fue recogido en el grupo de trabajo de la SEFM sobre SGRT.

Por otro lado, el hecho de que los vectores desplazamiento y rotacional 3D, obtenidos a partir de CBCT y AlignRT, no siguieran una distribución normal, hizo que no fuera posible el empleo de análisis de varianza (ANOVA) para el contraste de hipótesis, por lo que hubo que emplear un análisis de regresión de ecuaciones de estimación generalizada (GEE) para evaluar la asociación entre los sistemas de posicionamiento, los dos tipos de máscaras y los vectores 3D. Además, los desplazamientos LAT, LONG y *yaw*, obtenidos tanto por AlignRT como por imagen de megavoltaje (MV) tampoco obedecieron a una distribución normal, por lo que hubo que emplear la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon para muestras pareadas, para detectar si existía algún ángulo de mesa en el que las traslaciones LONG y LAT y/o la rotación *yaw* fueran significativamente diferentes, independientemente del tipo de máscara utilizada. Para determinar si las dos técnicas (AlignRT frente a MV) coincidían en las correcciones determinadas por cada una de ellas, se realizaron gráficos de Bland & Altman para las posiciones de mesa en los que la prueba de Wilcoxon fue estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

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

Las correcciones SGRT promedio para mesa 0° fueron menores que las detectadas por CBCT ($\leq 0,5$ mm y $0,1^\circ$), con mayores diferencias en LNG y rotación *yaw*. Esta discrepancia entre los dos sistemas parece deberse, principalmente, a la diferencia en el tamaño de las regiones de monitorización (ROIs) empleadas en el registro,

de manera que las discordancias entre ambos sistemas son mayores cuando el isocentro se encuentra alejado de la ROI seleccionada en AlignRT, que se restringe a la superficie anterior del cráneo.

El análisis GEE indicó que el vector traslación 3D promedio obtenido por el sistema SGRT no fue estadísticamente diferente entre las máscaras *Qfix* y *Klarity*, mientras que sí lo fue para el vector rotacional 3D. Aunque las máscaras de Klarity permiten algo más de movimiento dentro de ellas, es igualmente adecuada para su uso en SRS con SGRT en comparación con la máscara *Qfix*.

Los desplazamientos y rotaciones promedio registrados en los pacientes para las diferentes posiciones de mesa con el sistema de SGRT fueron < 0.5 mm y 0.3° . Al comparar las correcciones determinadas por el sistema de SGRT con las de una imagen antero-posterior de MV, no se encontraron diferencias significativas entre las correcciones LNG, LAT y yaw para ninguna rotación de mesa, excepto para las correcciones LNG en la posición angular de mesa 65° ; las correcciones LAT para posición de mesa 65° y 270° y la rotación yaw en la posición angular de mesa de 30° .

El uso de haces no coplanares no supuso una pérdida de exactitud en cuanto al movimiento intrafracción, registrándose desplazamientos promedios $< 0,1$ mm y $0,1^\circ$ para cualquier ángulo de mesa.

En definitiva, la configuración del sistema SGRT con valores de 1 s para el parámetro *maximum misalignment time*, junto con el empleo de umbrales de 0.3 mm- 0.3° para traslaciones y rotaciones, respectivamente, ha demostrado ser clínicamente viable.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Nuestro trabajo ha evidenciado, a partir de datos de tratamientos de pacientes, que el sistema de radioterapia guiada por superficie *AlignRT* puede alcanzar la exactitud y precisión necesaria para tratar y monitorizar al paciente en tiempo real para tratamientos no coplanares sin marco estereotáxico en todo el rango de rotación de la camilla. Hasta el momento, todos los trabajos publicados habían estudiado la exactitud y precisión de estos sistemas utilizando resultados obtenidos con maniqués.

Por otro lado, el trabajo ha corroborado la validez del flujo de trabajo diseñado, así como los parámetros seleccionados en *AlignRT*, proporcionando resultados de interés para usuarios que deseen aplicar la tecnología SGRT en los tratamientos SRS.



Breast radiotherapy planning: A decision-making framework using deep learning

Gallego P, Ambroa E, PérezAlija J, Jornet N, Anson C, Tejedor N, Vivancos H, Ruiz A, Barceló M, Dominguez A, Riu V, Roda J, Carrasco P, Balocco S, Díaz O
 Med Phys 2025 Mar;52(3):1798-1809. doi: 10.1002/mp.17527

Jaime Pérez-Alija

Radiofísica i Radioprotecció, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Barcelona.

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Nuestra motivación principal surgió de una doble inquietud: por un lado, la curiosidad compartida por las redes neuronales aplicadas a la planificación en radioterapia, y por otro, la voluntad de alinearnos con las recomendaciones de la campaña *Choosing Wisely* de la ASTRO. Esta campaña desaconseja el uso rutinario de IMRT para la irradiación de la mama salvo cuando aporta ventajas claras en la reducción de dosis a órganos críticos. Si bien la IMRT ofrece una distribución de dosis más conformada, estos beneficios no siempre se traducen en mejoras clínicas sustanciales, lo que hace que la 3D-CRT sea una opción viable y, en muchos casos, preferible. Con esto en mente, desarrollamos un modelo de toma de decisiones basado en *Deep learning* para ayudar a la selección de la mejor técnica para cada paciente. Además, nos motivaba realizar un trabajo conjunto entre amigos y compartir el proceso de investigación.

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

La mayor dificultad fue tecnológica: no contábamos con una infraestructura avanzada, así que trabajamos con ordenadores de sobremesa convencionales. Dos compañeros adquirieron una tarjeta gráfica específica para entrenar redes neuronales básicas. Adaptarnos a estas limitaciones nos volvió sin duda más perspicaces y nos obligó a sacar el máximo rendimiento de los recursos disponibles. De alguna manera, nos impuso entender a fondo las herramientas utilizadas a lo largo del proyecto, a fin de poder exprimir al máximo su potencial. Afortunadamente, disponemos en nuestro servicio de un entorno que fomenta la investigación, con tiempo protegido para desarrollarla sin comprometer nuestras responsabilidades asistenciales.

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

En términos generales, nuestro modelo de *Deep learning* ha demostrado ser capaz de discriminar entre las técnicas 3D-CRT e IMRT de manera precisa y eficiente, proporcionando una estimación fiable de la dosis a órganos de riesgo y mejorando la consistencia en la selección de la técnica óptima.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

El modelo propuesto mejora la precisión y fiabilidad en la planificación de radioterapia de mama. Nuestro marco de toma de decisiones ha demostrado superar significativamente la toma de decisiones histórica, mostrando una mayor precisión, sensibilidad y especificidad en la predicción de distribuciones de dosis tanto para 3D-CRT como para IMRT. Esto permite garantizar una estimación más fiable de la dosis a órganos de riesgo, reduciendo la variabilidad entre profesionales y mejorando la calidad y seguridad en los tratamientos de radioterapia. Este enfoque refuerza el papel de la IA en la optimización de tratamientos y sienta las bases para futuros desarrollos en la automatización clínica.



Individualized evaluation of the total dose received by radiotherapy patients: Integrating in-field, out-of-field, and imaging dose

Romero-Expósito M, Sánchez-Nieto B, Riveira-Martin M, Azizi M, Gkavonatsiou A, Muñoz I, López-Martínez IN, Espinoza I, Zelada G, Córdova-Bernhardt A, Norrlid O, Goldkuhl C, Molin D, Mosquera-Pena Sánchez F, López-Medina A, Toma-Dasu I, Dasu A

Phys Med 2025 Jan;129:104879. doi: 10.1016/j.ejmp.2024.104879

Maite Romero Expósito

The Skandion Clinic, Uppsala, Sweden; Oncology Pathology Department, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden.

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

La mejora significativa en la terapia médica y en las técnicas de radioterapia (RT) ha conllevado un aumento progresivo en la tasa de supervivencia de los pacientes con cáncer. Como consecuencia, se espera un número elevado de supervivientes a largo plazo, quienes, a su vez, presentarán un mayor riesgo de desarrollar efectos secundarios inducidos por el tratamiento, como enfermedades cardiovasculares, trastornos cognitivos o segundos cánceres radioinducidos.

Para comprender el impacto de la radiación recibida durante el tratamiento en la aparición de estos efectos secundarios, es imprescindible conocer con precisión la dosis depositada en la región de interés. Sin duda, la generación de un registro dosimétrico completo es de vital importancia para cualquier estudio epidemiológico. Sin embargo, fuera del campo de tratamiento, los sistemas de planificación comienzan a mostrar limitaciones en su precisión y, además, no suelen incorporar la radiación secundaria. Por ejemplo, en tratamientos con fotones, a partir de la isodosis del 5 %, la dosis calculada por el sistema de planificación (TPS) puede estar infraestimada hasta en un 40 %, además de que este no contempla la contribución por fuga del cabezal del acelerador. En el

caso de protonterapia, la contribución de los neutrones secundarios producidos por la interacción del haz con el paciente u otros elementos de conformación tampoco es evaluada.

Asimismo, debe tenerse en cuenta que las técnicas actuales de tratamiento, como la VMAT, requieren un mayor esfuerzo en la verificación de la correcta posición de las estructuras de interés, tanto antes como, en algunos casos, durante el tratamiento. Esto ha llevado a que los pacientes se sometan a un mayor número de procedimientos de imagen, lo que implica una dosis adicional de radiación que también debería ser evaluada e incluida en la exposición total del paciente.

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

Nuestro objetivo fue integrar tanto la dosis dentro y fuera del campo de tratamiento como la dosis recibida a causa de los procedimientos de imagen. Esto implica manejar un amplio rango de dosis, desde altas hasta bajas, lo cual, en principio, no representa un problema en tratamientos con fotones de baja energía (<10 MV). Sin embargo, en protonterapia el reto es mayor, ya que es necesario considerar el efecto biológico de los distintos tipos de radiación al momento de sumar las dosis. Además, el efecto biológico específico de interés —como la muerte celular o la inducción de mutaciones— influye directamente en cómo pesar la dosis física recibida. Por ejemplo, en tratamientos con protones suele emplearse un factor de efectividad biológica relativa (*RBE*) de 1.1 para multiplicar la dosis física. Si bien este valor parece adecuado dentro del campo de tratamiento, existen indicios de que en las regiones periféricas al tumor y en los órganos de riesgo, el RBE podría ser mayor. Por otro lado, podría plantearse el problema desde la perspectiva de la protección radiológica, haciendo uso del factor de ponderación de la radiación (w_R). Esta es, precisamente, la aproximación habitual para evaluar la dosis “biológica” debida a los neutrones secundarios. Ligado a esta cuestión, surge también la discusión sobre cuál es la unidad más adecuada para reportar la dosis. En este trabajo planteamos una metodología concreta, pero consideramos que plantear estas cuestiones puede fomentar una discusión valiosa sobre cómo abordar el problema de forma adecuada.

Otro reto importante está relacionado con uno de los principios clave de la medicina personalizada: la necesidad de evaluar la dosis en la anatomía real del paciente. Esto es factible utilizando el CT empleado para la planificación del tratamiento. No obstante, dicho CT no cubre, por razones obvias, el cuerpo completo del paciente. Por lo tanto, se requiere un sistema capaz de reconstruir un maniquí que simule el cuerpo completo del paciente.

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

En primer lugar, el principal resultado del trabajo es la propia metodología desarrollada y el flujo de aplicación propuesto. En resumen, se trata de utilizar la información disponible en el TPS (RTDose, RTPlan y RTStruct, el CT de planificación y el resto de imágenes adquiridas) para reconstruir un maniquí de cuerpo completo, extraer la dosis dentro del campo de tratamiento y obtener los parámetros necesarios para calcular tanto las dosis secundarias generadas durante el tratamiento como las debidas a los procedimientos de imagen. Para la creación del maniquí a cuerpo completo hicimos uso del programa *IS2aR*¹, que emplea los maniquíes de referencia de la ICRP para completar el CT del paciente. Para el cálculo de las dosis secundarias, se realizaron simulaciones Monte Carlo, pero también se discute la posibilidad de implementar herramientas automáticas para el cálculo, como *Periphocal 3D*² para estimar la dosis periférica en tratamientos con fotones, e *iDose*³ para la evaluación de la dosis por imagen.

La metodología fue aplicada en tres casos clínicos: un tratamiento de próstata con VMAT, un linfoma difuso de células B grandes en mediastino tratado con VMAT, y un linfoma de Hodgkin en la fosa supraclavicular izquierda tratado con protones. En función del caso, la dosis se incrementó, con respecto a la reportada por el TPS, en los distintos órganos del paciente entre 5 mGy y 1.1 Gy en el caso de la próstata; entre 70 mGy y 520 mGy en el linfoma tratado con VMAT; y entre 2 mSv y 260 mSv en el linfoma tratado con protonterapia. En los dos tratamientos con fotones, además del CT de planificación, se adquirió un CBCT en cada sesión. La contribución de estas imágenes a la dosis total osciló entre el 1 % y el 28 % en el tratamiento de próstata, y entre el 1 % y el 10 % en el caso del linfoma. En el tratamiento con protones, la verificación se realizó mediante CTs, y la contribución a la dosis total alcanzó hasta un 70 %, debido a la considerable reducción de la dosis fuera del campo conseguida por el tratamiento.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

La evaluación de la dosis total puede aplicarse con diversos fines:

- **Optimización:** Diseñar estrategias para minimizar las exposiciones innecesarias y reducir los posibles efectos secundarios a largo plazo, tanto en el plan de RT como en los protocolos de imágenes. Por ejemplo, en el caso de la próstata, la vejiga urinaria recibió el 4 % de la dosis exclusivamente a través del CBCT, lo que equivale prácticamente a recibir dos fracciones adicionales de RT. Especialmente relevante fue el caso de los testículos, que recibieron una dosis proveniente de todas las exploraciones de CBCT 1,3 veces superior a la dosis derivada únicamente del tratamiento RT. Esto supone la necesidad de una consideración especial para los órganos superficiales al implementar el protocolo de verificación por imagen.
- **Predicciones prospectivas de riesgos:** Evaluar los riesgos potenciales asociados a la exposición a la radiación, lo cual es crucial para la planificación y el seguimiento de los pacientes a largo plazo.
- **Análisis epidemiológicos retrospectivos:** Mejorar el entendimiento sobre el impacto de la radiación en los resultados de los pacientes a lo largo plazo, contribuyendo a estudios que puedan guiar las futuras estrategias de tratamiento.

Referencias

1. Muñoz-Hernández I et al. IS2aR, a computational tool to transform voxelized reference phantoms into patient-specific whole-body virtual CTs for peripheral dose estimation. *Phys Med* 2023;116: 103183.
2. Sánchez-Nieto B et al. A simple analytical model for a fast 3D assessment of peripheral photon dose during coplanar isocentric photon radiotherapy. *Front Oncol* 2022;12:872752.
3. <http://idose.med.uoc.gr/>

VersaHD.

Powered by high definition dynamic radiosurgery.

Versa HD™ with Monaco® gives you the clinical flexibility of high definition dynamic radiosurgery (HDRS) and conventional RT in a single platform. HDRS means you can deliver stereotactic treatments within standard RT time slots, regardless of anatomy or complexity. And, with advanced image guidance tools and up to 5x less transmission to non-targeted regions, you have assurance of end-to-end precision.

Discover how Versa HD can help you meet operational efficiencies while achieving better outcomes for patients.

elekta.com/VersaHD



Focus where it matters.

4513 371 1539 03.17

 Elekta