



Revisión de Artículos

Francisco Clemente Gutiérrez*

Comité de Redacción.

Estimados compañeros,

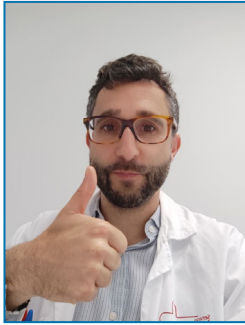
En esta nueva entrega de la sección de Revisión de artículos, tengo el placer de presentaros una selección de seis trabajos recientes de notable interés en distintas áreas de nuestra especialidad, publicados en revistas de referencia internacional como *Physics in Medicine & Biology*, *Journal of Applied Clinical Medical Physics* y *Physica Medica*. Como siempre, agradezco sinceramente la colaboración de los compañeros que, de forma desinteresada, contribuyen con sus revisiones a enriquecer esta sección y mantenerla como un espacio de referencia para la actualización científica en física médica.

En el ámbito de la radioterapia, se incluyen cuatro artículos de especial relevancia. Miguel Martínez Albaladejo analiza la viabilidad dosimétrica del TC de diagnóstico para planificación en radioterapia adaptativa online libre de simulación, demostrando que la elección del maniquí de calibración tiene mayor impacto que la variación del kVp. David Sánchez Artuñedo determina mediante análisis ROC los parámetros gamma óptimos del software PerFRACTION para la detección de modos de fallo en radioterapia externa, proponiendo una estrategia práctica de doble criterio gamma. Ignasi Méndez compara distintas definiciones de campo cuadrado equivalente para campos rectangulares pequeños, con implicaciones directas sobre el Protocolo IAEA TRS-483. Felipe Zamorano caracteriza en tiempo real los neutrones térmicos fuera del campo en aceleradores Varian TrueBeam y Elekta Synergy mediante detectores de silicio ultradelgados, evidenciando diferencias significativas en la producción neutrónica entre ambos LINACs. En el campo de la medicina nuclear, Lidia Palenciano Castro presenta la primera validación del código PENHAN para dosimetría con emisores alfa a escala celular, comparándolo con FLUKA e identificando las fuentes de discrepancia entre ambos. Asimismo, Andrea González Montoro valida las prestaciones del inserto PET preclínico ScintoTube según el estándar NEMA NU 4-2008 y demuestra su compatibilidad con escáneres MRI de alto campo.

Como siempre, es un placer compartir con vosotros esta selección de contribuciones que reflejan la vitalidad y diversidad de la investigación en física médica. Agradezco de nuevo a los autores su esfuerzo y dedicación, sin los cuales esta sección no sería posible.

Un cordial saludo.

* Email: pclementegutierrez@gmail.com



Evaluating the suitability of diagnostic CT for oART planning: Impact of kV and phantom selection

Martínez Albaladejo M, Puchades-Puchades V, Corbalán Mirete A, Ramos Amores D, Ortega González A, Suárez Arteaga J, Garcia-Sanchez AJ, Serna Berná A

Phys Med 2025; 139:105194. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2025.105194>

Miguel Martínez Albaladejo

Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica
Complejo Hospitalario Universitario de Cartagena, Servicio Murciano de Salud, Spain
Universidad Politécnica de Cartagena, Spain.

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Este es el primer artículo de mi tesis doctoral sobre radioterapia adaptativa online (oART) libre de simulación, aplicada a tratamientos paliativos. El planteamiento es usar imágenes TC de diagnóstico directamente en planificación, pero esto plantea una pregunta provocativa: ¿son dosimétricamente válidas cuando se adquieren con parámetros distintos a los habituales en RT? Para responderla, este estudio analiza el impacto combinado del kilovoltaje pico (kVp) y del maniquí de calibración en el cálculo de dosis de planes de tratamiento de Ethos, sentando las bases metodológicas para futuros trabajos.

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

Uno de los principales retos fue la comparación sistemática de dos maniqués con naturalezas muy distintas: el CIRS 062, con insertos equivalentes a tejido humano, y el CatPhan 504, de composición plástica pero ampliamente disponible en los servicios de física médica. Esto requirió generar bastantes curvas de calibración y recalcular planes IMRT/VMAT de 20 pacientes con cada una de ellas, sumando 160 comparaciones de distribuciones de dosis por algoritmo. A nivel analítico, el estudio aunó pruebas estadísticas no paramétricas (Wilcoxon) con un ANOVA de dos vías para descartar posibles interacciones entre variables, lo que añadió complejidad al análisis.

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

El hallazgo más relevante fue que la variación del kVp dentro del rango diagnóstico (80–140 kVp y energía dual) tuvo un impacto dosimétrico mínimo cuando se empleó el maniquí CIRS junto con el algoritmo AXB, con diferencias inferiores al 1% en todas las métricas DVH y tasas de paso gamma superiores al 99% (2%/2 mm). En cambio, la elección del maniquí resultó ser el factor más determinante: las calibraciones basadas en CatPhan infraestimaron sistemáticamente las métricas DVH con respecto a CIRS, con diferencias de hasta el 5% en la dosis mediana al PTV y de hasta el 20% en su cobertura a 80 kVp, además de tasas de paso gamma que descendieron al 88–95%. Por su parte, AXB demostró una mayor robustez que AAA dada su naturaleza.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Este estudio confirma la viabilidad dosimétrica del uso de TC de diagnóstico con distintos kVp para la planificación de IMRT/VMAT, respaldando así los flujos de trabajo *simulation-free*. Además, pone de relieve una recomendación práctica de gran relevancia: la elección del maniquí de calibración tiene, por lo general, un mayor impacto dosimétrico que la selección de los parámetros de adquisición en TC. Estas conclusiones sustentan los estudios de calibración multiescáner desarrollados posteriormente en la tesis.



Determining optimal transit dosimetry gamma parameter values for the detection of failure modes using receiver operating curve analysis

Sánchez Artuñedo D, Navarro Palomas P, Hermida López M, Duch Guillén MA, Beltran Vilagrasa M

J Appl Clin Med Phys. 2026;27:e70424. <https://doi.org/10.1002/acm2.70424>

David Sánchez Artuñedo

Servei de Física i Protecció Radiològica. Hospital Universitari Vall d'Hebron
david.sanchezartunedo@vallhebron.cat

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

La dosimetría in vivo basada en imágenes de tránsito adquiridas con el dispositivo de imagen portal (EPID) es una herramienta eficaz de garantía de calidad y seguridad en radioterapia externa, al permitir la detección de desviaciones dosimétricas durante la administración del tratamiento. Esta técnica se basa en el análisis de las imágenes de tránsito formadas por la radiación que alcanza el EPID tras atravesar al paciente durante la irradiación. La comparación entre la imagen de tránsito medida y la imagen de tránsito esperada —calculada a partir del plan de tratamiento y de la imagen TC de planificación— permite detectar cambios en la atenuación del haz producidas por desviaciones en la administración del tratamiento. En los últimos años, la dosimetría de tránsito ha experimentado una progresiva implantación clínica, posicionándose como una barrera de seguridad especialmente útil para la detección de errores con potencial impacto en la seguridad del paciente.

No obstante, para que estos sistemas puedan integrarse en la práctica clínica, los usuarios deben establecer criterios de aceptación que permitan clasificar una fracción como correcta o errónea. En el software comercial PerFRACTION™, la comparación de las distribuciones de tránsito medidas y esperadas se realiza mediante un análisis 2D con índice gamma, en el que el usuario debe definir tanto los criterios de diferencia de dosis y *distance-to-agreement* como la tolerancia del *passing rate* correspondiente. En la práctica clínica habitual, estos parámetros se establecen de manera mayoritariamente empírica, frecuentemente ajustando el criterio gamma y la tolerancia para que un porcentaje aproximado, habitualmente inferior al 10 %, de las sesiones analizadas genere una alerta.

Este enfoque empírico obliga a establecer un equilibrio entre la sensibilidad del sistema y su impacto en la práctica clínica. Criterios excesivamente estrictos pueden generar un gran número de avisos sin impacto clínico real, lo que incrementa de forma significativa la carga de trabajo del servicio y puede conducir a una “fatiga de alarmas”, con el consiguiente riesgo de que una desviación verdaderamente significativa para la seguridad del paciente no sea analizada correctamente. Por el contrario, criterios demasiado laxos pueden permitir que desviaciones con impacto clínico pasen inadvertidos, comprometiendo la calidad del tratamiento o la seguridad del paciente.

A pesar del uso extendido de la dosimetría de tránsito, existía una falta de evidencia cuantitativa que permitiese seleccionar de forma objetiva los parámetros del índice gamma y los umbrales de *passing rate* asociados, de manera que se optimizasen simultáneamente la sensibilidad y la especificidad en la detección de desviaciones que puedan comprometer la seguridad del paciente. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue determinar, mediante un análisis de curvas de la característica operativa del receptor (ROC), los criterios del índice gamma que maximizan la sensibilidad y la especificidad del sistema de dosimetría de tránsito PerFRACTION™ para la detección de desviaciones dosimétricas que producen pérdidas clínicamente relevantes de dosis en el PTV ($\Delta D_{\text{media}} > 5\%$, $> 10\%$ y $> 20\%$).

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

Uno de los principales retos del trabajo fue la selección y modelización de modos de fallo que pudiesen ser detectados por la dosimetría de tránsito, es decir, que al producirse generasen cambios en la atenuación del haz. Se seleccionaron cinco modos de fallo en radioterapia externa: (1) incidentes de hardware o de salida del LINAC; (2) incidencias en la gestión de la respiración durante el tratamiento; (3) identificación incorrecta del

paciente; (4) uso de una imagen de TC de planificación incorrecta; y (5) omisión del bolus durante el tratamiento. A partir de estos escenarios se generaron un total de 22 planes erróneos, introduciendo modificaciones controladas respecto a sus correspondientes planes base.

Un segundo reto fue la evaluación e interpretación de un elevado número de métricas derivadas del análisis gamma. En particular, el desafío consistió en expresar los resultados en términos de métricas diagnósticas clínicamente interpretables —sensibilidad, especificidad, área bajo la curva (AUC) y punto de corte óptimo mediante análisis ROC—, así como en identificar umbrales de passing rate que no solo maximizaran el rendimiento de la dosimetría de tránsito, sino que también resultaran coherentes y aplicables en la práctica clínica, facilitando su implementación por otros usuarios.

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

El principal hallazgo del estudio fue que el criterio gamma global 10%/1 mm maximiza la sensibilidad y la especificidad del sistema de dosimetría de tránsito PerFRACTION para detectar desviaciones dosimétricas que puedan afectar a la seguridad del paciente, particularmente aquellas asociadas a cambios en la dosis media absorbida en el volumen objetivo superiores al 10%. Este criterio mostró un alto rendimiento diagnóstico, con valores del área bajo la curva (AUC) cercanos a 1, lo que indica una elevada sensibilidad y especificidad en la detección de desviaciones dosimétricas, y un passing rate óptimo en torno al 96–97%.

Los criterios gamma globales más convencionales, como 3%/3 mm o 5%/3 mm, mostraron también un alto rendimiento diagnóstico ($AUC \geq 0,90$) para la detección de desviaciones dosimétricas que producen cambios en la dosis media del volumen objetivo superiores al 5%, resultando adecuados para la monitorización de desviaciones dosimétricas de menor magnitud durante el tratamiento.

El uso de la normalización local incrementó la sensibilidad frente a determinados errores, especialmente aquellos relacionados con cambios en la penumbra o en la posición del MLC; sin embargo, este aumento de sensibilidad se acompañó de una mayor tasa de falsos positivos. En conjunto, la normalización global ofreció un mejor equilibrio entre sensibilidad y especificidad, especialmente para la detección de diferencias dosimétricas elevadas en el volumen objetivo (≥ 10 –20 %).

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

A partir de los resultados obtenidos, el estudio propone una estrategia concreta para la implementación clínica de la dosimetría de tránsito con PerFRACTION™, basada en el uso simultáneo de dos criterios gamma. En particular, se recomienda un criterio global 3%/3 mm para la detección de desviaciones dosimétricas que producen cambios en la dosis media del volumen objetivo superiores al 5%, y un criterio global 10%/1 mm, con una tolerancia de passing rate del 96–97%, para la detección de incidentes de mayor impacto para la seguridad del paciente.

Desde el punto de vista metodológico, el trabajo se basa en un análisis ROC que permite relacionar de forma cuantitativa los parámetros del índice gamma y los umbrales de passing rate con la detección de desviaciones dosimétricas en dosimetría de tránsito.

La estrategia propuesta de doble criterio gamma es de implementación clínica sencilla y potencialmente útil para otros centros que utilicen dosimetría de tránsito basada en EPID.



Evaluating equivalent square field size definitions for rectangular small fields

Méndez I, Al Khalifa M, Aljuaid H, Casar B
J Appl Clin Med Phys. 2026 Feb;27(2):e70500.
<https://doi.org/10.1002/acm2.70500>

Ignasi Méndez Carot

Department of Dosimetry and Quality of Radiological Procedures, Institute of Oncology Ljubljana, Ljubljana, Slovenia.

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Como pasa a menudo, la motivación que generó este artículo surgió de otra investigación, aún en curso, en la que medimos factores de campo para campos pequeños irradiados con un MR-Linac MRIdian (ViewRay Inc., Oakwood, EEUU). Tenemos varias publicaciones anteriores sobre la medida de factores de campo para campos pequeños, pero, en todas ellas, utilizamos campos cuadrados. Con MRIdian, el campo cuadrado más pequeño que podemos irradiar es de 4.15 mm de lado. Por debajo de este tamaño, el campo mínimo disponible es de 2 x 4.15 mm². Aplicar la definición de campo cuadrado equivalente del Protocolo IAEA TRS-483 a este campo rectangular resulta problemático, ya que la relación de aspecto excede los límites en los que las incertidumbres de la aproximación a un campo cuadrado están acotadas. Además, al medir los campos nominales de 2 x 4.15 mm² y 4.15 x 4.15 mm² con películas radiocrómicas, nos encontramos con que las dimensiones del campo de irradiación eran realmente de 3.33 x 7.97 mm² y 4.77 x 8.50 mm². Por tanto, tampoco podíamos considerar cuadrado al campo nominal cuadrado más pequeño de MRIdian.

Así pues, nos preguntamos cuál sería la definición más exacta de campo cuadrado equivalente para campos pequeños que incluyese a los campos rectangulares.

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

La parte más compleja del estudio consistió en el análisis de datos, pero ya contábamos con mucho trabajo hecho en previas publicaciones. El principal reto fue el número de medidas a realizar. Pasar de medir campos cuadrados a campos rectangulares significa que el número de medidas crece de forma cuadrática. No obstante, se optó por mantener un protocolo de medida con películas radiocrómicas que priorizase la exactitud, a costa de un mayor tiempo de ejecución. Eso sí, usamos un Varian TrueBeam (Varian Medical Systems, Palo Alto, EEUU) en lugar de MRIdian para agilizar la irradiación.

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

El resultado más importante de este estudio es la confirmación de que la fórmula de campo cuadrado equivalente recientemente introducida por Fogliata et al. es la más exacta para campos pequeños, no solo cuando el campo está conformado por el multiláminas, sino también cuando lo delimitan las mandíbulas del colimador.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Estos resultados, junto con publicaciones previas de nuestro grupo y de otros grupos, sugieren la posibilidad de introducir algunas mejoras en el Protocolo IAEA TRS-483, aspecto en el que ya estamos trabajando.



Out-of-field thermal neutron characterization with thin 3D-silicon detectors in Varian TrueBeam and Elekta Synergy LINACs

Zamorano F, Pérez M, Fleta C, Muñoz-Montplet C, Jurado-Bruggeman D, Bianchini S, Blostein JJ, Lipovetzky J, Guardiola C
Phys Med Biol 2025; 70(16). <https://doi.org/10.1088/1361-6560/adedf6>

Felipe Eduardo Zamorano Labbé

Institute of Microelectronics of Barcelona, IMB-CNM (CSIC), Cerdanyola del Vallès, Barcelona, Spain.

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

La motivación de este estudio surge de la necesidad de caracterizar con mayor precisión la contribución de los neutrones secundarios en radioterapia, un aspecto aún sujeto a importantes incertidumbres dosimétricas y de protección radiológica. Estos neutrones, generados en aceleradores lineales de alta energía, son difíciles de cuantificar en campos mixtos con alto fondo gamma. Su relevancia radica en su mayor impacto biológico y su posible contribución a efectos estocásticos a largo plazo, especialmente en poblaciones sensibles. Además, técnicas avanzadas como IMRT o VMAT, que requieren mayores unidades monitor, pueden incrementar su producción. En este contexto, campañas recientes de EURADOS WG9 han evidenciado la variabilidad de la exposición a neutrones secundarios y las limitaciones de los sistemas convencionales en campos pulsados de alta energía, así como la creciente relevancia tecnologías emergentes con la hadronterapia, FLASH y BNCT, reforzando la necesidad de nuevas soluciones de dosimetría.

En este contexto, nuestros esfuerzos se centran en proponer una alternativa fiable basada en detectores de silicio ultradelgados con alto factor de rechazo gamma desarrollados en el IMB-CNM, capaz de cuantificar neutrones térmicos en tiempo real e *in situ*. Este enfoque aborda los retos asociados a su operación en condiciones clínicas y persigue habilitar estimaciones rápidas y robustas, con potencial para la dosimetría personalizada por paciente y su integración en sistemas avanzados de monitorización.

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

El primer reto fue el desarrollo tecnológico del detector, basado en un proceso complejo de microfabricación que requiere el control y supervisión de múltiples etapas (~76 pasos) para obtener dispositivos de 20 μm de espesor.

El segundo reto consistió en demostrar experimentalmente la capacidad de los detectores mediante irradiaciones con un Varian TrueBeam de 15 MV, contrastada con simulaciones Monte Carlo con el código PHITS. Un elemento especialmente crítico fue el modelado del haz primario, debido a la ausencia de espacios de fase en bases de datos como la del IAEA, lo que requirió la reconstrucción detallada del cabezal del LINAC a partir de revisión bibliográfica y asesoramiento de usuarios expertos. El modelo fue posteriormente validado mediante comparación con curvas PDD clínicas, permitiendo simular el transporte de partículas en el búnker, la generación de neutrones y reproducir la respuesta del detector. Este enfoque integral, aunque computacionalmente exigente, permitió establecer una base sólida para la cuantificación fiable de neutrones en condiciones clínicas reales, lo cual hemos podido llevar a cabo gracias al apoyo de los recursos de supercomputación de la Red Española de Supercomputación (RES-CESGA).

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

Hemos demostrado la viabilidad de nuestro sistema compacto basado en detectores de silicio ultradelgados para la medida *in situ* y en tiempo real de neutrones térmicos en entornos clínicos, ofreciendo una alternativa robusta y de bajo coste frente a la instrumentación convencional. El sistema permite comparar de forma directa la producción de neutrones entre diferentes aceleradores, evidenciando diferencias significativas bajo condiciones equivalentes. Asimismo, el trabajo incluye el desarrollo y validación del primer modelo Monte Carlo detallado del cabezal de un Varian TrueBeam, lo que constituye una herramienta clave para la caracterización de los campos derivados de dicho LINAC. En conjunto, estos resultados abren la puerta a nuevas estrategias de monitorización y dosimetría más precisas en radioterapia.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Los resultados demuestran el uso fiable de detectores de silicio ultradelgados para la cuantificación de neutrones térmicos en condiciones clínicas reales, en concordancia con intensivas simulaciones Monte Carlo. Este trabajo establece las bases para sistemas avanzados de medida neutrónica capaces de operar en entornos con alto fondo gamma, donde la instrumentación convencional presenta limitaciones críticas, y abre el camino hacia la estimación de dosis en línea, in situ y personalizada, con aplicación en radioterapia avanzada y tecnologías emergentes como FLASH y BNCT. En este contexto, nuestros esfuerzos se centran en proponer una solución a las necesidades identificadas por EURADOS WG9, que han subrayado la urgencia de desarrollar nuevas herramientas experimentales y generar mayor evidencia en escenarios emergentes aún en discusión, como el posible acompañamiento en sala de tratamiento en pacientes pediátricos o la evaluación de la exposición en situaciones relacionadas a pacientes embarazadas.



Evaluation and comparison of PENHAN and FLUKA Monte Carlo codes for small-scale dosimetry in targeted radionuclide therapy with alpha emitters

Palenciano-Castro, L, Anguiano, M

Phys Med Biol 2025, 70:245027. <https://doi.org/10.1088/1361-6560/ae2aa6>

Lidia Palenciano Castro

Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear, Universidad de Granada, Granada, Spain. Instituto de Investigación Biosanitaria (ibs.GRANADA), Complejo Hospitalario Universitario de Granada/Universidad de Granada, Granada, Spain.

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

Las terapias dirigidas con radionúclidos se utilizan principalmente con emisores β^- como el I-131 o el Lu-177, mientras que solo un emisor alfa está aprobado actualmente, el Ra-223. Sin embargo, las partículas alfas presentan gran interés debido a su corto alcance en el tejido y su alto LET, permitiendo maximizar el daño tumoral y minimizar la afectación al tejido sano. Por ello, la investigación en nuevos radionúclidos alfa, como el At-211 o el Ac-225, es un área clave en el desarrollo de estas terapias. En este contexto, la dosimetría a escala celular resulta fundamental, y las simulaciones Monte Carlo son la herramienta principal para su estudio. No obstante, es necesario validar los códigos Monte Carlo disponibles para garantizar la fiabilidad de sus resultados.

En este trabajo evaluamos los códigos PENHAN y FLUKA como herramientas fiables en dosimetría con emisores alfa. PENHAN incorpora recientemente el transporte de partículas alfa, por lo que no había sido validado en este contexto. Respecto a FLUKA, si bien su transporte de alfas está bien establecido, su aplicación a dosimetría celular era aún limitada.

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

El principal reto fue identificar y aislar las fuentes de discrepancia entre ambos códigos, lo que requirió un análisis detallado de sus modelos físicos y parámetros de simulación para establecer condiciones de simulación comparables.

Adicionalmente, la detección de comportamientos anómalos en FLUKA requirió un estudio adicional para acotar su origen y facilitar su corrección por parte de los desarrolladores del código.

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

El estudio demuestra que ambos códigos son adecuados para dosimetría a escala celular con emisores alfa, mostrando buen acuerdo con MIRDcell – una herramienta analítica de referencia en el campo. No obstante, en algunos casos concretos se identificaron anomalías en FLUKA que fueron reportadas a sus desarrolladores.

Se identificaron dos factores principales responsables de las discrepancias entre PENHAN y FLUKA: los poderes de frenado para partículas alfa y los espectros de emisión para los radionúclidos. Cuando ambos códigos utilizan los mismos valores para estos parámetros físicos, proporcionan resultados estadísticamente compatibles.

Además, se observa que, para utilizar PENHAN en estos escenarios, es recomendable usar los poderes de frenado del software SBETHE – distribuido con PENHAN – en lugar de los valores por defecto, que no describen correctamente el comportamiento de alfas de muy baja energía.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Este trabajo constituye la primera validación de PENHAN para el transporte de partículas alfa en dosimetría a pequeña escala, abriendo la puerta a su uso en estudios más complejos en terapia con emisores alfa.

Asimismo, destaca la importancia de seleccionar adecuadamente los modelos físicos de entrada, ya que incluso pequeñas diferencias pueden tener un impacto significativo en los resultados.

Por último, el estudio contribuye a la mejora de FLUKA al identificar y reportar comportamientos anómalos, y subraya la importancia de seguir validando los códigos Monte Carlo en física médica para aumentar la confianza en su uso y favorecer el desarrollo de terapias más seguras y eficaces.



NEMA NU 4-2008 performance and MRI-compatibility study of the edgeless preclinical PET insert: ScintoTube

Gonzalez-Montoro A, Freire M, López-Berenguer F, Alamo J, de Alfonso C, Barberá J, Berr SS, Correcher C, Moliner L, Rispoli JV, Sachs JL, Vidal LF, Williams MB, Benlloch JM y Gonzalez AJ
Phys Med Biol 70(13). <https://doi.org/10.1088/1361-6560/ade842>

Andrea González-Montoro

Instituto de Instrumentación para Imagen Molecular (i3M), Centro Mixto CSIC—Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, Spain.

¿Cuál ha sido la motivación para empezar este estudio?

La motivación principal del estudio surge de las limitaciones inherentes a los sistemas PET preclínicos convencionales, que emplean detectores pixelados y presentan efectos de borde que deterioran la resolución espacial y la uniformidad de la imagen. Estos problemas se vuelven especialmente críticos en aplicaciones con pequeños animales, donde se requiere una alta precisión en la localización de eventos. Además, el creciente interés en la imagen híbrida PET/MRI plantea la necesidad de desarrollar dispositivos que no solo mejoren el rendimiento del PET, sino que también sean plenamente compatibles con entornos de resonancia magnética de alto campo. En este contexto, el trabajo plantea y evalúa un nuevo concepto de detector “edgeless”, basado en un cristal continuo, con el objetivo de eliminar los efectos de borde y validar su viabilidad operativa dentro de sistemas MRI.

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

El desarrollo del estudio implicó afrontar diversos retos técnicos tanto en el diseño del hardware como en el procesamiento de las señales. Uno de los principales desafíos fue la implementación del detector edgeless basado en un cristal continuo, lo que requiere métodos avanzados para estimar con precisión la posición de interacción de los fotones a partir de distribuciones de luz generadas. A esto se suma la necesidad de obtener información tridimensional completa, incluyendo la profundidad de interacción, lo que exige arquitecturas de lectura sofisticadas y algoritmos de reconstrucción específicos.

Por otro lado, la integración del sistema PET en un entorno MRI supuso un reto significativo debido a posibles interferencias electromagnéticas y a la necesidad de evitar la degradación mutua entre ambos sistemas.

Finalmente, la evaluación del rendimiento bajo el estándar NEMA NU 4-2008 implicó la realización de medidas rigurosas y comparables de múltiples parámetros, lo que añadió complejidad experimental al estudio.

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

El estudio demuestra que el concepto de detector edgeless es viable y ofrece un rendimiento competitivo con otros sistemas PET preclínicos. Se logró una localización tridimensional homogénea de los eventos con una resolución cercana al milímetro en todo el campo de visión, lo que confirma la reducción efectiva de los efectos de borde. Asimismo, el sistema mostró una buena sensibilidad y un comportamiento acorde con los estándares establecidos por los protocolos NEMA. En cuanto a la compatibilidad con MRI, los resultados indican que el funcionamiento del PET apenas se ve afectado en presencia de campos magnéticos intensos, con variaciones inferiores al 5 % en los parámetros clave. De igual manera, la calidad de la imagen de resonancia magnética no se vio significativamente degradada por la presencia del dispositivo PET. Estos resultados validan tanto el diseño del detector como su integración en entornos multimodales.

¿Cuáles son las repercusiones del estudio?

Las repercusiones del estudio son relevantes en el ámbito de la instrumentación para imagen médica, ya que introducen un nuevo enfoque basado en detectores continuos que puede superar las limitaciones de los sistemas tradicionales. Este avance tiene el potencial de mejorar significativamente la calidad de imagen en estudios preclínicos, facilitando una caracterización más precisa de procesos biológicos. Además, la demostración de compatibilidad con MRI refuerza el desarrollo de sistemas híbridos PET/MRI más avanzados, lo que abre nuevas oportunidades en áreas como la oncología, la neurociencia y la investigación farmacológica. En un sentido más amplio, el trabajo sienta las bases para futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos, tanto en sistemas preclínicos como en posibles aplicaciones clínicas, contribuyendo al progreso de la imagen multimodal de alta resolución.

AT-Training Hub es la plataforma web de recursos formativos desarrollada por Aplicaciones Tecnológicas S.A. para el **aprendizaje y entrenamiento** en las líneas de **radioterapia, física médica, radiología y protección radiológica**.

OAR-Train

Delimitación de órganos de riesgo (OAR)

Dos modalidades:

OAR-Train *Class*

- ▶ Centros FP

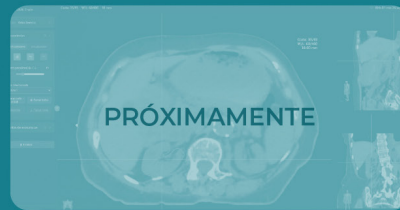
OAR-Train *One*

- ▶ Curso de formación continua (CFC)*

CONTOUR-Train

Delimitación de volúmenes tumorales

Formación especializada para Oncólogos Radioterápicos



Herramienta formativa de cribado de cáncer de mama

Detección y evaluación de hallazgos en mamografía

Entrenamiento del cribado de cáncer de mama



Abiertos a nuevas **colaboraciones** para el desarrollo de más **recursos formativos de calidad**

