



Reseñas de tesis doctorales

Diego García Pinto*

Comité de Redacción.

En este nuevo número retomamos la sección de reseñas de tesis con dos trabajos que fueron presentados en diciembre de 2020 y febrero de 2021.

Jesús C. Carbajo Chávez nos presenta su trabajo realizado en el análisis de las impurezas generadas en la producción de radiofármacos y la gestión de los residuos radiactivos generados en el Complejo Hospitalario Universitario de Badajoz. Una de las conclusiones de su trabajo es la importancia de mantener la sustitución de los componentes del blanco después de su retirada del ciclotrón. Además, han comprobado cómo el hecho de disponer de dos ánodos idénticos en la instalación para su uso alternativo es capaz de reducir la dosis operacional durante el mantenimiento.

En el trabajo de Christian Valdés Cortez se nos presenta la caracterización de un dispositivo de braquiterapia electrónica de superficie de 69.5 kV. Para esta caracterización se han utilizado métodos Monte Carlo permitiendo abordar los retos tanto teóricos como experimentales que implica la determinación de la dosis absorbida cuando se utilizan estos fotones de baja energía.

Me gustaría despedir la sección dando la enhorabuena a los nuevos doctores y darles las gracias por compartir con nosotros su trabajo. De nuevo os animo a todos y todas que vayáis a defender vuestra tesis en los próximos meses a que escribáis una reseña para incluirla en la sección ya que es una buena oportunidad para dar a conocer vuestro trabajo.

Un saludo a tod@s.

* Facultad de Medicina, UCM, (garcia.pinto@med.ucm.es)



Aplicación de la espectrometría de radiación gamma de alta resolución en la producción de los radiofármacos [^{18}F]FDG y QUADRAMET [^{153}Sm]EDTMP

Autor: Jesús C. Carbajo Chávez

Director: Miguel Jurado Vargas

Lectura: 11/12/2020. Facultad de Ciencias, Universidad de Extremadura.

En este trabajo se evalúan las impurezas generadas durante la producción de los radiofármacos [^{18}F]FDG y [^{153}Sm]EDTMP, empleando un detector de alta resolución de germanio hiperpuro (HPGe) perteneciente al Grupo Experimental de Radiaciones Nucleares (GERN) de la Universidad de Extremadura (UEX). Se analiza la gestión de los residuos radiactivos generados en el Complejo Hospitalario Universitario de Badajoz (CHUB), así como algunos aspectos dosimétricos relativos a exposiciones ocupacionales, médicas y del público.

En el radiofármaco [^{153}Sm]EDTMP se identificaron las impurezas: ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{155}Eu , ^{156}Eu y ^{153}Gd , con actividades que cumplen las recomendaciones de la Farmacopea Internacional relativas a su pureza

radionúclida. En relación con los residuos sólidos, se demuestra que debido a la presencia de las impurezas en viales, jeringuillas y agujas los tiempos de almacenamiento calculados obligan a clasificar estos residuos como de periodo superior a cinco años. Por tanto, se cuestiona la posibilidad de desintegración en el centro para el radiofármaco, como se muestra en la tabla 2.1 de la Guía Técnica de Materiales Residuales de SEPR-ENRESA.

También se consideró la concentración de actividad de estas impurezas en el vertido controlado de residuos radiactivos del hospital. Considerando una ingestión anual de 600 l y teniendo en cuenta el consumo de [^{153}Sm]EDTMP equivalente al mencionado en el Informe de Actividades del Grupo de

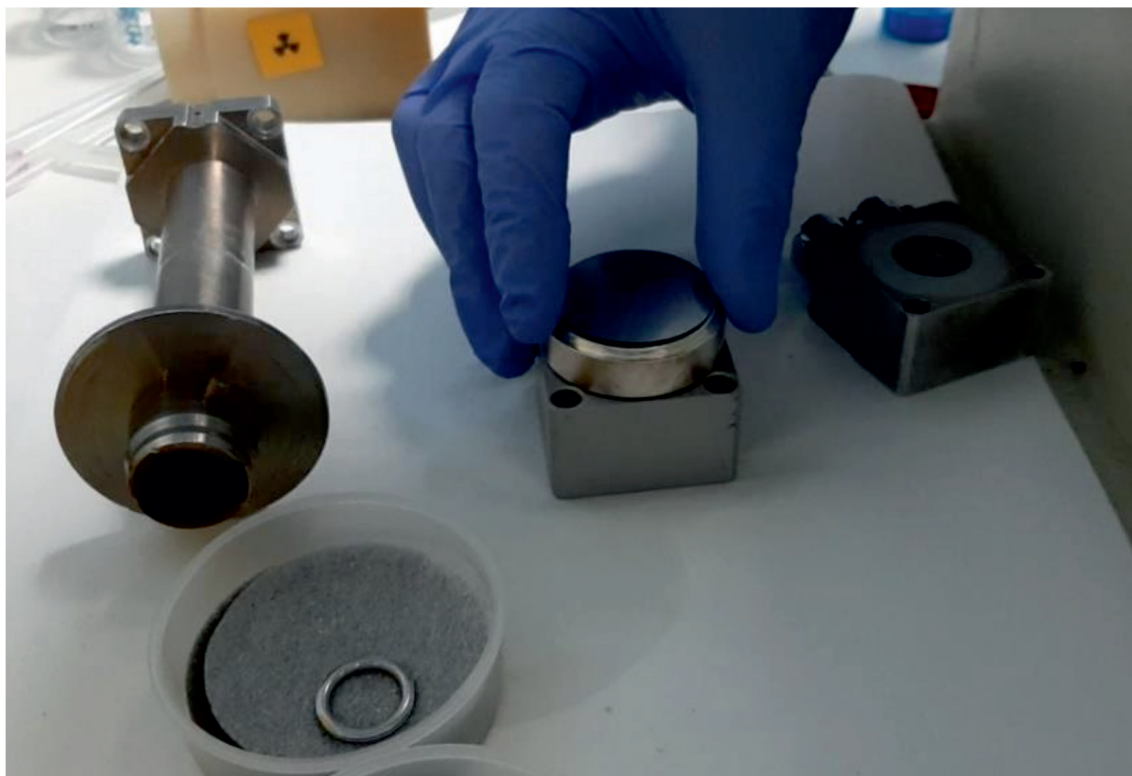


Fig. 1. Colocación de la lámina de Havar™ nueva sobre el cuerpo de refrigeración por He del ánodo.

Efluentes, la dosis efectiva comprometida es del orden de 0.036 mSv, principalmente por la contribución de ^{152}Eu y ^{154}Eu .

En la producción de ^{18}F , se identifican 8 radionúclidos generados durante la producción y síntesis del radiofármaco [^{18}F]FDG en el ciclotrón MINITrace de GE (haz de protones de 9.6 MeV): ^{52}Mn , ^{55}Co , ^{56}Co , ^{57}Co , ^{58}Co , ^{95}Tc , ^{96}Tc y ^{109}Cd . Los niveles de actividad de las distintas muestras tomadas durante la síntesis del radiofármaco se encuentran entre los mínimos de la bibliografía. Como es deseable, no se detectan impurezas en el producto final, cumpliendo con la recomendación de la Farmacopea Internacional en lo referente a la pureza radionúclida.

Se investigó qué tipo de remesa constituye el agua enriquecida recuperada del ciclotrón, desarrollando un modelo predictivo basado en una sucesión recurrente. Con este modelo, podemos establecer que, predomina la desintegración radiactiva y la dilución frente al vertido de impurezas durante el llenado de los contenedores y que, en la fecha de llenado de los contenedores, sus actividades y concentraciones de actividad permanecen inferiores a los niveles de exención de las Normas Básicas de Seguridad (BSS). El agua enriquecida recuperada es material radiactivo exento del cumplimiento del acuerdo ADR para su devolución al suministrador.

Por último, se estudió la activación de los componentes del blanco del ciclotrón, identificando 12

radionúclidos diferentes en los componentes sustituidos durante el mantenimiento semestral del ánodo del ciclotrón. En la lámina de Havar™ se detectan 8 radionúclidos: ^{54}Mn , ^{56}Co , ^{57}Co , ^{58}Co , ^{60}Co , $^{95\text{m}}\text{Tc}$, ^{109}Cd y ^{183}Re . En la lámina de titanio se identifican 6 radionúclidos: ^{46}Sc , ^{48}V , ^{51}Cr , ^{56}Co , ^{57}Co y ^{75}Se . Finalmente, se identifican 3 radionúclidos en la junta Helicoflex™: ^{51}Cr , ^{58}Co y ^{60}Co . Resultó patente que los residuos generados durante el mantenimiento del blanco en el ciclotrón o bien se gestionan mediante ENRESA o bien se almacenan hasta la clausura de la instalación, ya que la concentración de actividad total no decae nunca por debajo del nivel de dispensa.

Se ha comprobado la importancia de mantener la sustitución de los componentes del blanco seis meses después de su retirada del ciclotrón, disponiendo de dos ánodos idénticos en la instalación para su uso alternativo, como estrategia de reducción de dosis operacionales durante su mantenimiento. Con este procedimiento de trabajo se ha estimado que la dosis efectiva recibida por el operador durante la retirada del ánodo del ciclotrón (1 min) es de 0.02 mSv, debida principalmente al ^{48}V . Posteriormente, transcurridos seis meses, la sustitución de los componentes del blanco contenido en este ánodo (5 min) se estima que provoca una dosis efectiva de 0.005 mSv y una dosis en piel y manos de 0.003 mGy, ambas debidas principalmente al ^{56}Co .



Dosimetric studies through Monte Carlo methods in surface high-dose-rate electronic brachytherapy

Autor: Christian Valdés Cortez

Directores: Facundo Ballester y Javier Vijande

Lectura: 13/02/2021. Universitat de València.

Los cánceres de piel no melanoma están dentro de los más comunes en seres humanos, presentando un continuo incremento en su incidencia alrededor del mundo. En este contexto, la braquiterapia electrónica (eBT) de contacto se ha convertido en un efectivo tratamiento, logrando excelentes tasas de control y buenos resultados cosméticos.

Los sistemas eBT de superficie consisten, básicamente, en dos componentes: un tubo de rayos X y un aplicador adjunto. El tubo de rayos X acelera electrones

en el rango de energía entre 50 y 70 kV. El aplicador eBT sirve como colimador posicionado en contacto directo con la piel, produciendo haces cónicos y aplanados de 10 a 50 mm de diámetro.

El uso de fotones de baja energía introduce retos experimentales y teóricos a la determinación de la dosis absorbida (ej., medidas de dosis en profundidad, calibraciones de haces, etc.). Por este motivo, esta tesis tiene por objetivo caracterizar un dispositivo eBT clínico de superficie de 69.5 kV, utilizando métodos Monte

Carlo (MC) mientras se intenta mejorar algunas de las desventajas que aparecen en la determinación de la dosis absorbida en haces de fotones de baja energía.

El modelo MC (PENELoPE-2014 y PENELoPE-2018) de la unidad eBT aquí estudiada genera curvas de dosis en profundidad y perfiles de dosis que difieren, generalmente, en menos de un 5% respecto de los datos experimentales disponibles. Dichas diferencias se encuentran dentro de aquellas observadas por otros autores para otros dispositivos eBT y sistemas MC.

Los datos aquí reportados muestran que algunas de las magnitudes de mayor relevancia en dosimetría de radiaciones pueden ser obtenidas con incertidumbres combinadas dentro del 0.5% ($k = 2$). Estos resultados representan una mejora significativa contrastados con las incertidumbres reportadas por otros juegos de datos muy utilizados, como es el caso del TG-61, cuyos factores están reportados con incertidumbres de un 3% ($k = 2$). Esta mejora puede reducir en un 40% la incertidumbre final en una calibración de haz. Además, las incertidumbres experimentales en medidas de dosis en

profundidad, aquí definidas como la combinación del sistema de alineamiento (unidad eBT, fantoma y detector), tolerancias de fabricación y las dependencias de respuesta del detector, fueron estimadas en un 3%, cuando el detector recomendado, la cámara de ionización plano paralela PTW T34013, es utilizado. Este valor es más bajo que aquellos reportados para haces de 50 kV, utilizando el mismo detector.

Los autores de los protocolos de calibración más utilizados en el mundo (TRS-398 y TG-61) reconocen la necesidad de utilizar un índice de calidad de haz obtenido desde mediciones de dosis en profundidad en agua, reemplazando al HVL en calibraciones de fotones de baja energía. Sin embargo, los altos gradientes de dosis encontrados en haces eBT complican este objetivo. No obstante, utilizando los datos obtenidos en esta tesis, se ha encontrado que el uso de medidas de dosis en profundidad evita las desventajas de la determinación experimental del HVL, con un despreciable o inexistente efecto en la incertidumbre final de calibración.