

Calibración del Detector Electrónico de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP) y su utilización como herramienta dosimétrica en Radioterapia con Acelerador Lineal

Calibration of the Amorphous Silicon Electronic Portal Imager (ASIP) and its use as a dosimetric tool in Radiotherapy with Linear Accelerator

Nelson Andrés Valdez Velázquez^{1,*}, Fredy Aurelio Doncel Invernizzi^{1,3}
& Marcelo Alejandro Godin Eirin¹

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Física, San Lorenzo, Paraguay.

²Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, Instituto Nacional del Cáncer, Capiatá, Paraguay (INCAN).

³Universidad Nacional de Asunción, Comisión Nacional de Energía Atómica, San Lorenzo, Paraguay.

*Autor correspondiente: nvaldez@facen.una.py.

Resumen: Este trabajo se realizó en el Servicio de Radioterapia de un Centro Oncológico Integral de la ciudad de Asunción, donde se encuentra la unidad de Acelerador Lineal (LINAC) marca ELEKTA, modelo INFINITY con energía nominal de fotones de 6 MV y 10 MV. La Dosimetría in vivo en Radioterapia de haz externo con Acelerador Lineal (Teleterapia) está basada en las mediciones con el Detector Electrónico de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP) o panel detector, el cual ofrece una solución más general, mediante la detección de errores y fallas en la distribución de dosis al paciente durante el tratamiento de distintas patologías oncológicas, con el fin de lograr una mayor precisión en dosis administrada al paciente ya que existe una probabilidad de complicaciones si los valores de dosis son superiores a los prescritos. Se tuvo en cuenta consideraciones especiales y rigurosas en los procesos de calibración del panel detector que fue utilizado en forma conjunta con el LINAC para la medición de dosis absolutas. Se identificaron los procedimientos para un control de calidad en Teleterapia basados en los resultados de la calibración del panel detector que garanticen la detección de errores y fallas en las mediciones de dosis durante el tratamiento. La metodología consistió en la utilización de técnicas de administración de irradiación en aire o irradiación directa del panel (pretratamiento) y en tránsito a través de fantasmas de agua sólida. Los resultados obtenidos indican que la calibración es altamente aceptable, lo cual implica que el método puede utilizarse juntamente con los planes de tratamiento del LINAC.

Palabras Clave: Radioterapia, Acelerador Lineal, Dosimetría in Vivo, Calibración, Detector de Silicio Amorfo, Dosis Absolutas.

Abstract: This work was carried out at the Radiotherapy Department of a Comprehensive Oncology Center in the city of Asunción, where an ELEKTA brand INFINITY Linear Accelerator (LINAC) unit is located, with nominal photon energies of 6 MV and 10 MV. In vivo dosimetry in external beam radiotherapy with a Linear Accelerator (Teletherapy) is based on measurements using the Amorphous Silicon Image Portal Electronic Detector (ASIP) or detector panel, which offers a comprehensive solution by detecting errors and faults in the dose distribution to the patient during the treatment of various oncological pathologies. The aim is to achieve greater precision in the administered dose to the patient, as there is a probability of complications if dose values exceed the prescribed levels. Special and rigorous considerations were considered in the calibration processes of the detector panel, which was used in conjunction with the LINAC for absolute dose measurements. Procedures for quality control in Teletherapy were identified based on the results of the detector panel calibration, ensuring the detection of errors and faults in dose measurements during treatment. The methodology involved the use of irradiation administration techniques in air or direct panel irradiation (pre-treatment), as well as irradiation while passing through solid water phantoms. The obtained results indicate that the calibration is highly acceptable, implying that the method can be used in conjunction with LINAC treatment plans.

Keywords: Radiotherapy, Linear Accelerator, In Vivo Dosimetry, Calibration, Amorphous Silicon Detector, Absolute Dose.

Introducción

La Dosimetría in vivo con el Detector Electrónico

de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP) o panel detector es una técnica actualmente aceptada para

Recibido: 31/08/2023 Aceptado: 28/09/2023



2078-399X/2023 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>).

la detección de fallos o errores en la administración de dosis a pacientes sometidos a tratamientos de distintas patologías oncológicas y de esta forma controlar los procedimientos. Estos detectores de imágenes captan en tiempo real la radiación que se está administrando al paciente. Estas imágenes pueden ser procesadas y utilizadas para calcular la dosis absorbida por el paciente en radioterapia durante el tratamiento. En otras palabras, este mecanismo permite la comparación de la distribución de dosis de radiación administrada al paciente con la dosis calculada por medio del sistema de planificación de tratamiento (TPS)

La calibración del panel detector de Silicio Amorfo es de suma importancia en la Radioterapia de modo a que los mismos puedan ser utilizados en forma conjunta con el Acelerador Lineal. La detección de fallos mediante el uso del panel detector ayuda a mejorar la precisión y confiabilidad de las mediciones de dosis absolutas, los cuales son fundamentales para garantizar un tratamiento eficaz y seguro para los pacientes. La calibración adecuada del detector garantiza advertir información sobre la distribución suministrada al paciente durante el tratamiento de distintas patologías oncológicas. Esto ayuda a evitar complicaciones y garantizar que la dosis administrada sea consistente con los valores prescritos. La calibración también permite realizar un control de calidad riguroso en teleterapia, asegurando que las futuras mediciones de dosis sean confiables y estén ajustadas a los estándares establecidos.

A fin de lograr una calibración clínicamente aceptable y proponer acciones que permitan la optimización de la práctica mediante las mejoras en los procedimientos de aseguramiento de la calidad, identificación de desperfectos en el equipo, control de la técnica de tratamiento utilizada o nuevas técnicas que se deseen implementar, así como el control de los datos ingresados en el planificador de tratamientos computarizados, se llevó adelante este trabajo. El objetivo de este artículo es el de identificar los procedimientos a ser tenidos en cuenta para el control de calidad en Teleterapia en un Centro Oncológico Integral de la ciudad de Asunción, que

cuenta con un Acelerador Lineal (LINAC) muñado de un panel detector de imagen portal.

Un control de calidad adecuado conduce a la optimización de la práctica lo cual, a su vez, permite al personal médico identificar y corregir cualquier eventual error en la administración de la dosis, lo que a su vez puede aumentar la eficacia del tratamiento y reducir el riesgo de efectos secundarios no deseados en tejidos sanos (órganos de riesgo)

El motivo principal por el cual se ha elegido este tema radica en la importancia de la utilización de la Dosimetría in Vivo en Radioterapia con Acelerador Lineal como mecanismo de verificación de dosis absolutas entregadas a cada paciente que son sometidos a tratamientos oncológicos, y la correcta aplicación del Detector Electrónico de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP) o panel detector para la detección de fallos y errores durante los tratamientos, lo cual solo es posible lograr mediante rigurosos y completos procedimientos de calibración.

Materiales y métodos

Es importante mencionar que para el relevamiento de los datos se ha seguido un minucioso y riguroso procedimiento. Se ha realizado una descripción de las características de los fenómenos observados durante la calibración de equipo detector de imágenes.

El tipo de investigación es de carácter cualitativo, del tipo descriptivo y de diseño fenomenológico. Se realizó en primer lugar un relevamiento de datos y la descripción de las características de los fenómenos observados basados en los procedimientos para la calibración del detector de Silicio Amorfo y en experiencias rutinarias de un servicio de Radioterapia, buscando el mejoramiento de la seguridad de la práctica mediante la incorporación de la Dosimetría in vivo con el Detector Electrónico de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP).

Las dosis absolutas fueron obtenidas a partir de la calibración del detector de imágenes que fueron obtenidas mediante la irradiación en aire o irradiación directa del panel (pretratamiento) y en tránsito a través de fantasmas de agua sólida.

Se analizaron las condiciones generales del Servicio de Radioterapia con LINAC para la rea-



Figura 1. Panel detector desplegándose en su posición final para su irradiación en Fracción 0 para el control de calidad previo al tratamiento.

lización de la calibración del Detector Electrónico de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP) o panel detector y la aceptabilidad para el uso clínico juntamente con los planes de tratamiento con el Acelerador Lineal (LINAC). Se identificaron los procedimientos para un control de calidad en Teleterapia basados en los resultados de la calibración del panel detector que provee información sobre la distribución de los valores de dosis entregados al paciente durante el tratamiento, y de esa forma valorar la importancia de la utilización de la Dosimetría in Vivo en Radioterapia con Acelerador Lineal como mecanismo de verificación de dosis absolutas en tratamientos oncológicos.

Se ha utilizado el software SunCHECK que aparece como solución única para el Aseguramiento de la Calidad en el servicio de Radioterapia (RT). Esta plataforma genera un Plan de RT que contiene todos los campos necesarios para entregar al panel detector. Este plan se puede exportar o cargar en el sistema *Record & Verify* para su entrega en el LINAC. La recuperación y asociación automáticas de las imágenes calibradas se obtuvieron a través de la trazabilidad DICOM.

En la recolección de datos para el Control de Calidad previo al tratamiento, los principales retos para una calibración de la dosis absoluta estuvieron relacionados con las cuestiones de respuesta del material del panel y la trazabilidad de un protocolo de calibración, por ello, se tuvieron en cuenta consideraciones especiales de irradiación del panel en el aire o Dosis Absoluta de Fracción 0, lo cual se realizó directamente en el panel detector de Silicio Amorfo, para ello, se ingresa a la sala de tratamiento y se retrae completamente la camilla para que las imágenes se recojan en el aire, se extiende el panel EPID al SID especificado y se asegura de que el panel esté centrado con la camilla totalmente retraída como se puede observar en la Fig. 1.

Para la Fracción 0, se seleccionaron los valores de Energía fotónica de 6 MV y 10 MV respectivamente y la Distancia Imagen-Fuente (SID) se fijó en 160 cm para el equipo Elekta. En todo momento se evitó irradiar la electrónica del panel detector para cada tamaño de campo.

La rutina de calibración consiste en un flujo de

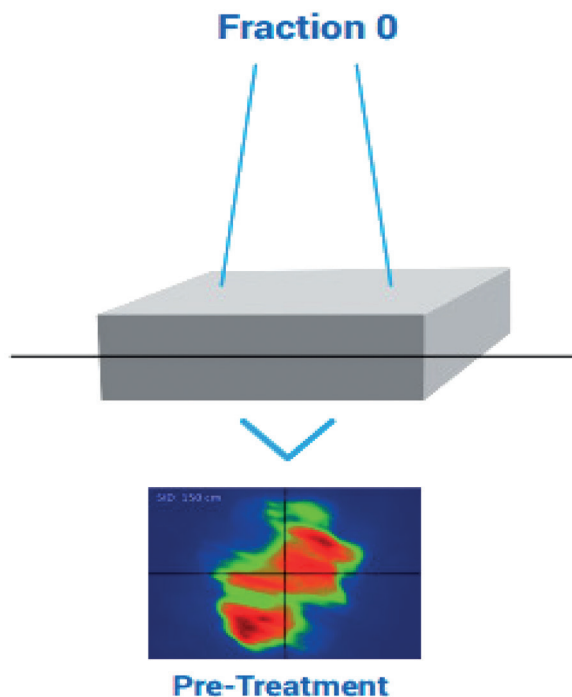


Figura 2. Fracción 0 o Irradiación directa del panel detector [Fuente: SunNuclear Corporation, 2019].

trabajo basado en un método de administración de dosis en aire, los haces de calibración componen una serie de campos rectangulares de anchuras y posiciones variables que se envían al panel detector y en esas condiciones se capturan las imágenes (Fig. 2).

A continuación, las imágenes de todos los haces son enviadas a un ordenador (Fig. 3) para su procesamiento y se genera un mapa de dosis medido en el plano del detector, como se ve en la Fig. 4.

Para la recolección de datos referentes a la Calibración en Tránsito o Dosis Absoluta de Fracción, la técnica utilizada suministra haces de calibración a tres espesores de agua sólida de 30 cm, 10 cm y 0 cm (aire), los cuales se entregaron en 3 grupos en la siguiente secuencia (suponiendo un total de 27 haces): 9 campos a 30 cm de acumulación, 9 campos a acumulación de 10 cm y 9 campos a aire (sin espesores de agua sólida y camilla totalmente retraída).

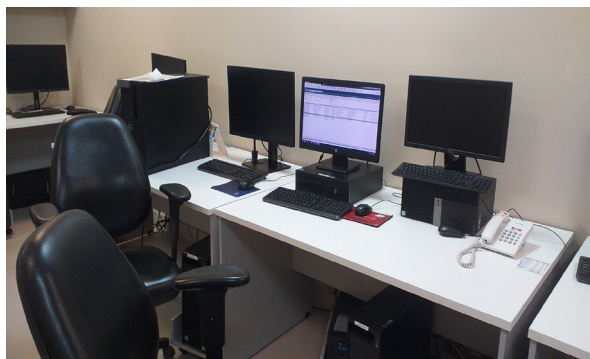


Figura 3. Ordenadores con los programas incorporados para la conversión de imágenes del panel detector en mapa de dosis.

Se seleccionó la **Energía** de la lista desplegable, en este caso se trabajó con 6 MV y 10 MV de energía fotónica. Los valores de Distancia Imagen-Fuente (SID) se establecen en el sistema en función de la máquina: 160 cm para el equipo Elekta. Al igual que la Fracción 0, es importante evitar irradiar la electrónica del panel detector para cada tamaño de campo.

Una vez seleccionado la energía y los valores SID, se introdujo valores de tasa de dosis de 400 UM/min para ambas energías de fotones.

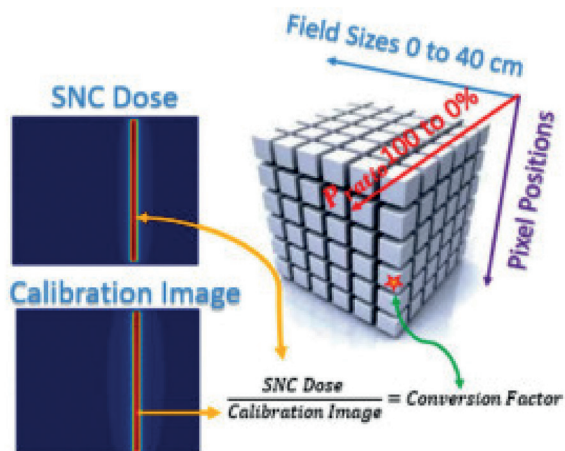


Figura 4. Factor de Conversión de la imagen del detector a Dosis Absoluta. [SunNuclear Corporation, 2019].

Se empieza con 30 cm de Agua Sólida. La configuración ideal es de 10 cm en la parte inferior, con 20 cm adicionales arriba, con la columna de agua sólida centrada en el haz como se observa en la Fig. 5.



Figura 5. Columna de 30 cm de agua sólida centrada con el haz.

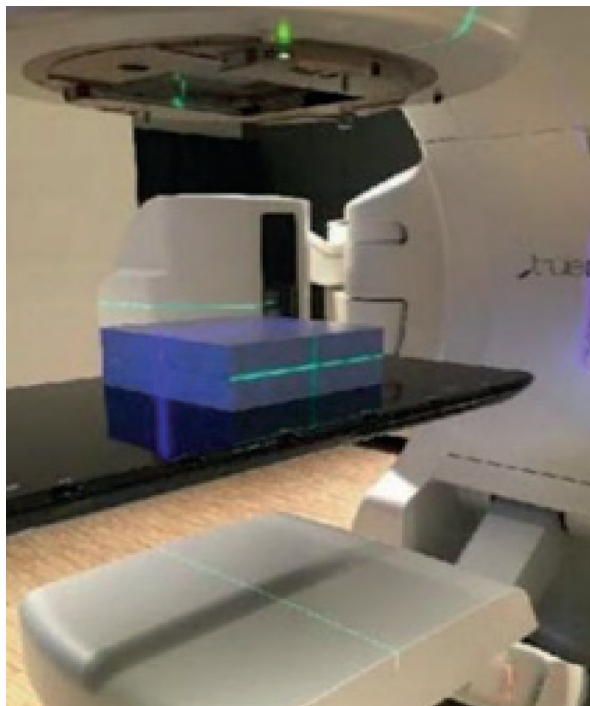


Figura 6. Columna de 0 cm de agua sólida centrada con el haz para calibración de Dosimetría en tránsito o Fracción n. [Fuente: SunNuclear Corporation, 2019].

Posteriormente se ajustó la posición de la mesa soporte vertical a $SSD = 75$, Aquí, el isocentro está a 25 cm de profundidad, y se establece por defecto una distancia de retrodispersión de 5 cm debido a los fotones que rebotan con una energía menor, sin embargo, contribuyen significativamente a la dosis entregada. Se implementó el panel detector en el SID requerido asegurándose de que el panel esté bien centrado. Desde la consola de control, se entregan todos los campos con ID de campo que comiencen con "30". En esta parte se verificó que las imágenes capturadas estén correctos y que tienen la calidad adecuada, de a forma a asegurarse de que solo se entreguen primero los haces con ID de campo que comiencen con el número "30" y posterior a esto detener el procedimiento.

Una vez culminada la toma de imágenes con 30 cm de agua sólida, se ingrese a la sala de tratamiento y se retira los 20 cm superiores de agua sólida. El SSD ahora tener un valor de 95, con isocentro a 5 cm de profundidad y retrodispersión de 5 cm con la

columna de agua sólida centrada en el haz en todo momento, tal y como se ve en la Fig. 6.

Desde la consola de tratamiento se entregan los siguientes haces con ID de campo que comiencen con el número 10. De nuevo, solo se entregarán los haces con ID de campo que comiencen con el número "10". Por último, de vuelta en la sala de tratamiento se retrae completamente la camilla para que las imágenes finales se recopilen en aire. Desde la consola de tratamiento, se entregan los campos finales con ID de campo que comiencen con "00". Una vez entregado todos los haces, se procedió al cierre del procedimiento.

En la Fig. 7 se observan los campos entregados para cada espesor de agua sólida identificados con el número 30 para cm, 10 para 10 cm y 00 para la recolección de datos en aire.

Una vez que se haya terminado el procedimiento y las imágenes se hayan guardado nuevamente en la base de datos de R&V o de imágenes, el programa SunCHECK recuperará las imágenes y las procesará. El progreso de los resultados de la calibración se puede monitorear en la cola de preparación, esto tarda entre 45 a 60 minutos. Una vez terminada esta tarea, regrese a la pestaña Calibración de **Fracción 0** o Calibración de **Fracción n**. La hora y la fecha de entrega aparecen en la columna **Entregado** para la combinación de energía y SID. La hora y la fecha del cálculo de calibración completo aparecen en la

Beams (2D)			
Event Settings			
Beams (2D)			
BEAM NAME	ENERGY	PERCENT	POINTS
✓ 30MA4	6 MV	99.59 %	59.930
✓ 30MB4	6 MV	99.57 %	59.501
✓ 30MD4	6 MV	98.67 %	56.422
✓ 30NA4	6 MV	99.61 %	73.541
✓ 30NB4	6 MV	99.61 %	73.073
✓ 30NC4	6 MV	98.86 %	68.825
✗ 30OA4	6 MV	91.61 %	260.457
✓ 30PA4	6 MV	99.21 %	262.144

Figura 7. Campos entregados para los diferentes espesores de agua sólida durante la Calibración del panel detector para Dosimetría en Tránsito o Fracción n.

columna **Calculado**. Esta fecha puede ser diferente a la fecha de entrega si se recalculan los resultados de la calibración, en la Fig. 8 se observan las horas y fechas de cálculo para cada combinación.

Es importante revisar los resultados de cada campo, para ello, en la columna **Estado** de la combinación Energía/SID adecuada, se debe hacer clic en el enlace o en la ventana emergente para abrir la página Resumen del evento. Si los resultados generales son satisfactorios, haga clic en el botón **Aceptar calibración** en el lado derecho de la tabla de calibración para la combinación adecuada de energía y SID. Además, se pueden agregar y guardar comentarios en la pantalla emergente **Aprobación de calibración**. Seleccione **Aceptar**, agregue comentarios si lo desea y haga clic en Guardar. Si los resultados no son satisfactorios, haga clic en **Rechazar**.

La calibración aceptada debe estar activa para que se pueda utilizar clínicamente, en este caso, las imágenes recopiladas en la energía y SID e identificadas como **Fracción 0** o **Fracción n** se convertirán automáticamente en dosis y se analizarán utilizando la configuración de Análisis 2D definida en la Plantilla de control de calidad. Si se ha agregado algún comentario, el icono de nota aparece en la columna Estado.

Para el Aseguramiento de la Calidad para la Fracción n o monitoreo en vivo, el Software Sun-Check utiliza las imágenes basadas en imagen del panel detector para el análisis de la reconstrucción de dosis. Estas imágenes resultan más confiables que las imágenes basadas en los log-files del LINAC en la detección de fallos o errores como por ejemplo los relacionados al multiláminas.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos de la Calibración del Detector Electrónico de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP) o panel detector en aire o Fracción 0 para el control de calidad de los planes previo al tratamiento, y la Calibración en Tránsito o Dosis Absoluta de Fracción n utilizando fantasmas de agua sólida, son plenamente aceptados para su uso clínico y garantiza que las mediciones de dosis

Fraction n Calibration			
View Delivery Instructions Add New Calibration			
STATUS	DATE		PASSING RATE
	DELIVERED	CALCULATED	
Accepted	13 may 2023 12:34	21 jun 2023 18:29	98,69 %
Accepted	13 may 2023 12:05	21 jun 2023 18:05	98,83 %

Figura 8. Hora y fecha para las columnas Entregado y Calculado para cada energía y SID en dosimetría en tránsito o Fracción n.

distribuida al paciente durante el tratamiento absolutas serán precisas y confiables una vez que la dosimetría in vivo con el panel detector se utilice juntamente con los planes de tratamiento del Acelerador Lineal (LINAC).

En la Fig. 9 se observa que el porcentaje de aceptabilidad de la calibración del panel detector en Fracción 0 para el Control de Calidad previo al tratamiento es del 99,28% para una energía fotónica de 10 MV y del 99,49% para una energía de 6 MV.

Configuration Fraction 0 Calibration Fraction n Calibration					
View Delivery Instructions Add New Calibration Do					
PATIENT ID / RT PLAN	STATUS	DELIVERED	CALCULATED	PASSING RATE	
Standard010MV 02Ewita_10MV_160_210306194426.dcm	Accepted	06 may 2023 11:51	21 jun 2023 17:59	99,28 %	
Standard06MV 02Ewita_6MV_160_200717143618.dcm	Accepted	06 may 2023 13:18	21 jun 2023 17:59	99,49 %	

Figura 9. Porcentaje de aceptación de la calibración del detector en Fracción 0 pretratamiento.

En la Fig. 10 se observa que el porcentaje de aceptabilidad de la calibración del panel detector en Fracción n o Dosimetría en Tránsito para el Control de Calidad durante el tratamiento es del 98,69% para una energía fotónica de 10 MV y del 98,83% para una energía fotónica de 6 MV.

Machine Data Configuration Fraction 0 Calibration Fraction n Calibration					
View Delivery Instructions Add New Calibration					
NAME	PATIENT ID / RT PLAN	STATUS	DELIVERED	CALCULATED	PASSING RATE
02EwitaFN_10MV	10MVFNINITYFN 02Ewita_10MV_160_210522203653.dcm	Accepted	13 may 2023 12:34	21 jun 2023 18:29	98,69 %
02EwitaFN_6MV	6MV02EwitaFN 02Ewita_6MV_160_200427133145.dcm	Accepted	13 may 2023 12:05	21 jun 2023 18:05	98,83 %

Figura 10. Porcentaje de aceptación de la calibración del detector en Fracción n o Dosimetría en Tránsito.

para una energía de 6 MV.

La obtención de estos resultados resulta fundamental en la detección fallos y/o errores mediante el empleo de la Dosimetría in vivo con el Detector Electrónico de Imagen Portal de Silicio Amorfo (ASIP), el cual permite detectar diferencias en la distribución de dosis al paciente de Radioterapia, y de esta forma garantizar un tratamiento eficaz y seguro de distintas patologías oncológicas para los pacientes, ayuda a evitar complicaciones y garantizar que la dosis administrada sea consistente con los valores prescritos. Además, la calibración del panel detector permite realizar un control de calidad riguroso en la teleterapia, asegurando que las mediciones de dosis sean confiables y se ajusten a los estándares establecidos

En cuanto al Aseguramiento de la Calidad para Dosimetría en Tránsito o Dosis Absoluta de Fracción n, se realizó el análisis para cada fracción a fin de detectar los errores como el multiláminas, rotación del gantry o el output del LINAC, cambios en la posición del paciente y cambios anatómicos, a fin de evitar errores de naturaleza similar y aplicar acciones correctivas una vez que se utilice clínicamente.

Por último, una vez completada la calibración del panel detector se realizaron varios procedimientos como parte del control de calidad para garantizar su rendimiento y precisión continua. Estos procedimientos serán abordados más detalladamente en una etapa posterior a la realización del presente trabajo, sin embargo, a continuación, se mencionan las acciones llevadas a cabo:

- Verificación de **linealidad** y respuesta energética para evaluar la linealidad de la respuesta del panel detector en un rango de dosis. Esto asegura que el detector responda de manera lineal a diferentes niveles de dosis y energías de radiación.
- **Independencia de la tasa de dosis** que comparan las respuestas del panel detector a diferentes tasas de dosis para asegurarse de que la relación

entre la respuesta del detector y la tasa de dosis sea lineal y consistente. Esto es especialmente importante en tratamientos que involucran cambios en la tasa de dosis, como la técnica de radioterapia de intensidad modulada (IMRT) o la radioterapia con arco volumétrico (VMAT).

- La **repetibilidad** para obtener resultados consistentes y reproducibles del panel en condiciones de prueba repetidas. Se evaluó la capacidad del panel detector para producir resultados consistentes cuando se realicen pruebas idénticas en las mismas condiciones para determinar si existe una variación significativa entre ellas. Se obtuvo una buena repetibilidad lo cual indica que el panel detector es estable y puede brindar detección precisa de manera consistente.

- La **Constancia del Factor de Calibración** es la relación entre la señal de salida del panel detector y la dosis de radiación entregada al detector. De acuerdo con los resultados, el factor se mantiene dentro de los límites aceptables establecidos por el centro de tratamiento y las recomendaciones del fabricante, lo cual permite detectar cualquier desviación significativa del factor de calibración esperado y tomar las medidas correctivas necesarias si es necesario. Cualquier cambio en el factor de calibración puede tener un impacto directo en la precisión de las mediciones de dosis y, por lo tanto, en la administración correcta del tratamiento radioterapéutico.

Siguiendo con el Control de Calidad del panel detector luego de la calibración, los resultados en cuanto a las tolerancias mecánicas del panel se refieren a la precisión y estabilidad del panel detector en diferentes posiciones se observan en la Fig. 11.

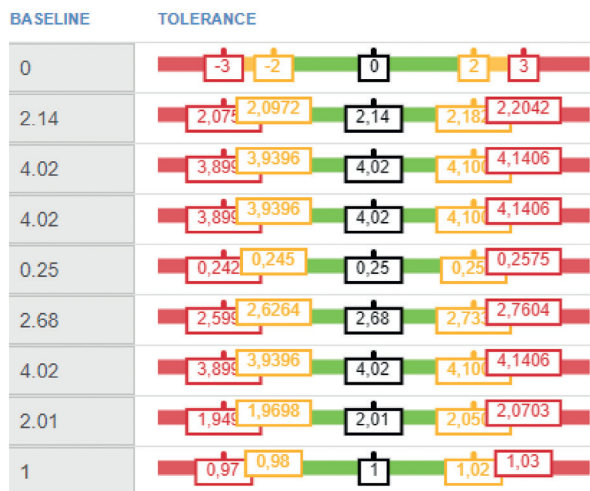


Figura 11. Tolerancias mecánicas con cambios de posición del Panel ASIP – QA del detector.

La interpretación de la tolerancia mecánica observada del panel detector a medida que cambia de posición se refiere a qué tan cerca está el panel de su posición ideal sin afectar significativamente la calidad de las imágenes o la precisión de las mediciones de dosis. En este caso se observa que los valores están dentro del rango aceptable de desviación de posición sin sobrepasar los límites de tolerancia mecánica, lo cual implica que es poco probable la introducción de errores en las imágenes y en la medición de dosis por desviación de la posición del panel.

Cualquier desviación fuera de ese rango puede requerirse como una violación de la tolerancia mecánica y las consecuencias incluyen una degradación en la calidad de las imágenes, una disminución en la precisión de las mediciones de dosis o incluso la necesidad de repetir el tratamiento.

Conclusiones

La calibración realizada al panel detector en el servicio de radioterapia de un centro oncológico integral de la ciudad de Asunción se llevó a cabo siguiendo estrictamente las recomendaciones y pautas de calibración establecidas por SunNuclear Corporation mediante la utilización de la plataforma Suncheck. Los resultados obtenidos son fundamentales en la detección fallos y/o errores

en las distintas etapas del procedimiento clínico mediante la Dosimetría in vivo con el panel detector. Estos hallazgos no previstos permiten detectar diferencias en la distribución de dosis al paciente de Radioterapia, y de esta forma aplicar medidas correctivas que optimizan la práctica garantizando la precisión en la medición de la dosis de radiación administrada durante el tratamiento, en otras palabras, la calibración asegura que las lecturas del panel detector, una vez utilizada clínicamente, están relacionadas de manera confiable con la dosis de radiación real entregada al paciente. El porcentaje de aceptabilidad obtenida en la calibración del panel detector en Fracción 0 para el Control de Calidad previo al tratamiento fue del 99,28% para una energía fotónica de 10 MV y del 99,49% para una energía de 6 MV.

Los resultados demuestran un alto grado de cumplimiento de los estrictos procedimientos de la calibración inicial, proporcionando una base confiable desde la cual se pueden realizar mediciones comparativas en las fracciones subsiguientes, además de establecer una referencia confiable para las mediciones de dosis durante todo el tratamiento, la dosimetría absoluta del panel detector, la consistencia en la administración de la dosis durante el tratamiento estableciendo una referencia precisa, que minimizan los errores sistemáticos y se asegura que la dosis prescrita sea administrada correctamente en cada fracción mediante la verificación del sistema de entrega de radiación.

Con relación al porcentaje de aceptabilidad de la calibración del panel detector en Fracción n o Dosimetría en Tránsito para el Control de Calidad durante el tratamiento fue del 98,69% para una energía fotónica de 10 MV y del 98,83% para una energía de 6 MV. Estos resultados, al igual que la calibración en aire o Fracción 0, aseguran la detección de procedimientos anómalos que derivan de errores y fallas de procedimientos de operación, de esta manera se obtendrá una elevada precisión de la administración de la dosis en cada fracción del tratamiento lo cual garantiza la seguridad y eficacia del tratamiento a lo largo de

todo el curso de la radioterapia. La calibración en cada fracción "n" permite verificar y corregir cualquier desviación o error que pueda surgir a lo largo del tiempo, ayuda a identificar cualquier discrepancia o desviación de la dosis planificada, lo que permite ajustes y correcciones oportunas para garantizar la entrega adecuada de la dosis en el área objetivo.

Durante un tratamiento de radioterapia, pueden ocurrir cambios anatómicos o ajustes en la posición del paciente. La calibración en cada fracción "n" ayuda en la detección de las desviaciones o errores de procedimiento, y consecuentemente a adaptar la administración de la dosis a estos cambios, garantizando que la dosis prescrita se administre de manera precisa y segura, incluso con las modificaciones necesarias, una vez que se haya empleado el uso clínico de la técnica de Dosimetría in vivo con el panel detector.

Por último, una vez completada la calibración del panel detector, se realizaron varios procedimientos como parte del control de calidad del detector para garantizar su rendimiento y precisión continua.

Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron de manera equitativa en la elaboración de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Agradecimientos

Al Departamento de Física y por ende a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales por la oportunidad de realizar el Programa de Maestría en Ciencias Físicas de la Radioprotección. Al Centro Oncológico Integral REVITA por abrirme las puertas de su instalación y permitir la realización del trabajo de investigación en el marco del programa de postgrado mencionado. A mis Orientadores por su compromiso y acompañamiento durante este proceso de formación.

Literatura Citada

- Elmpt, W. (2008). A literature review of electronic portal imaging for radiotherapy dosimetry. Systematic review. *Radiotherapy and Oncology*, 88(3): 289–309.
- Falco, E. (2015). *Dosimetría Basada en Sistema Electrónico de Imagen Portal EPID*. Licenciatura en Física: Trabajo Especial. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba. 148 pp.
- Mijnheer, B., Jomehzadeh, A., González, P., Olaciregui-Ruiz, I., Rozendaal, R., Shokranib, P., Spreeuw, H., Tielenburg, R. & Mans, A. (2018). Error detection during VMAT delivery using EPID-based 3D transit dosimetry. *Physica Medica: European Journal of Medical Physics*, 54: 137–145.
- Ripol, O., García, A., Hernández, A., Jiménez, J., Cortés, J., Millán, E., Ruiz, P. & Canellas, M. (2010). Caracterización Dosimétrica de un Dispositivo Electrónico de Imagen Portal (EPID) y desarrollo de un modelo simple de dosimetría portal. *Revista Física Médica*, 11(3): 199–210.
- Silveira, T.B. (2018). *Dosimetría in vivo utilizando EPID*. Tesis Doctoral. Rio de Janeiro: Instituto de Radioproteção e Dosimetria. 89 pp.
- Sunnuclear Corporation. (2020). SunCHECK™ Patient Reference Guide. [Consulted: 17.xi.2020]. <<https://www.sunnuclear.com/products/suncheck-patient>>.
- Sunnuclear Corporation. (2019). EPID Dosimetry in Suncheck™ Patient. EPID Calibration, Pre-Treatment QA and In-Vivo Monitoring. [Consulted: 17.xi.2020]. <https://www.sunnuclear.com/uploads/documents/whitepapers/EPID-Dosimetry_in-SC_Patient_021519.pdf>.
- Wolfs, C., Canters, R. & Verhaegen, F. (2020). Identification of treatment error types for lung cancer patients using convolutional neural networks and EPID dosimetry. *Radiotherapy and Oncology*, 153: 243–249.