



UNIVERSIDAD SANTANDER

Facultad de Ciencias de la Salud

Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnósticas

**Avances en la aplicación de braquiterapia de alta tasa de dosis en pacientes con
cáncer ginecológico: revisión teórica y enfoque imagenológico**

Trabajo de grado para optar por el título de Licenciatura en Radiología e Imágenes
Diagnósticas

AUTORES:

Ana Gabriela Bambú Jaén

Ariatna Alexandra Hernández Taton

Bryan Alexis Loaiza Valladares

Director del trabajo:

Dr. Francisco Gómez

Asesor metodológico:

Dra. Margot Carrillo

Panamá, 19 de julio de 2025

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de investigación a nuestros padres, cuyo amor, sacrificio y enseñanzas, nos han permitido alcanzar nuestras metas y han sido fuente de inspiración durante todo este proceso académico.

También dedicamos este esfuerzo a nuestros amigos, parejas y seres queridos, quienes con sus palabras de aliento y compañía nos ayudaron a superar los momentos difíciles. Finalmente, dedicamos este logro a cada uno de los autores de esta investigación, por la perseverancia, dedicación y compromiso que nos permitieron alcanzar esta meta.

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo de investigación. En primer lugar, agradecemos a Dios por la fortaleza y sabiduría para afrontar los retos que surgieron en el camino.

A nuestra asesora metodológica, la Dra. Margot Carrillo, quien con su guía, paciencia y conocimientos fue un pilar fundamental para el desarrollo de este proyecto. Su compromiso y dedicación fueron clave para alcanzar los objetivos planteados.

Al Dr. Francisco Gómez, director técnico de esta investigación, por su apoyo incondicional y desinteresado en la elaboración de esta investigación. Sus experiencias, conocimientos y orientación influyeron enormemente en el éxito de esta investigación.

A la Ing. Miladys Dávila, por su apoyo a en el desarrollo de este proyecto, nutriéndonos y aportándonos enseñanzas valiosas para la realización de este proyecto.

A nuestros familiares y seres queridos, por su apoyo emocional, económico y moral durante todo este proceso; su confianza en nosotros fue el motor que nos impulsó a seguir adelante. A nuestros compañeros y amigos, gracias por compartir con nosotros sus ideas, consejos y momentos de aprendizaje que enriquecieron esta experiencia.

Finalmente, agradecemos a nuestros profesores, por brindarnos las herramientas necesarias para nuestra formación profesional y por fomentar en nosotros el amor por la imagenología y la ética profesional.

Este logro es el resultado del esfuerzo conjunto de todas estas personas extraordinarias.

RESUMEN

El presente proyecto analiza el papel de la imagenología en la planificación de la braquiterapia de alta tasa de dosis en pacientes con cáncer ginecológico y los avances de este tratamiento para el beneficio de las pacientes, en Panamá el cáncer ginecológico se posiciona como uno de los más comunes a nivel nacional, es por ello que se considera necesario conocer los protocolos más favorables para llevar a cabo el tratamiento de braquiterapia. Se realizó una revisión teórica sobre el uso de la imagenología en la braquiterapia de alta tasa de dosis como tratamiento para el cáncer ginecológico y de esta manera conocer que técnica de imagen era considerada la más viable, para ello se utilizó como técnica la recopilación documental y como instrumento de recolección de datos se implementó una matriz bibliográfica en donde se recopiló la información de cinco estudios publicados entre 2020 y 2025. Se observó que la imagenología forma parte fundamental en la planificación del tratamiento de braquiterapia de alta tasa de dosis en cáncer ginecológico, parte de esto incluye la evaluación previa del paciente que permite conocer la extensión de la enfermedad, determinar la cantidad de dosis y la distribución de esta, la delimitación de los volúmenes blanco como el volumen tumoral macroscópico o el volumen de tratamiento clínico, y de los órganos a riesgo. La Tomografía Computarizada (TC) al igual que la Resonancia Magnética (RM) son métodos adecuados para la determinación de los órganos a riesgo y para la delimitación de los volúmenes blanco, sin embargo, los autores resaltan la preferencia sobre la RM por ofrecer una mayor resolución de tejidos blandos y precisión anatómica. También se menciona la técnica de ultrasonido como guía para la inserción de los aplicadores, sin embargo, esta no es una técnica funcional para la planificación como sí es el caso de la TC y RM. Con el paso del tiempo se han introducido nuevas técnicas para potenciar el tratamiento, así es como se ha desarrollado la Braquiterapia Guiada por Imagen 3D (BTGI3D), la braquiterapia de aplicación única multifraccionada, sistemas como la interfaz de optimización interactiva (IOI).

Palabras claves: Cáncer, Braquiterapia, Imagenología.

ABSTRACT

This project analyzes the role of imaging in planning high-dose-rate brachytherapy in patients with gynecological cancer and the advances in this treatment for the benefit of patients. In Panama, gynecological cancer is one of the most common cancers nationwide. Therefore, it is considered necessary to understand the most favorable protocols for brachytherapy treatment. A theoretical review was carried out on the use of imaging in high-dose-rate brachytherapy as a treatment for gynecological cancer and in this way to know which imaging technique was considered the most viable, for this, documentary collection was used as a technique and a bibliographic matrix was implemented as a data collection instrument where information from five studies published between 2020 and 2025 was collected. It was observed that imaging is a fundamental part in the treatment planning of high-dose-rate brachytherapy in gynecological cancer, part of this includes the prior evaluation of the patient that allows knowing the extent of the disease, determining the amount of dose and its distribution, the delimitation of the target volumes such as the macroscopic tumor volume or the clinical treatment volume, and the organs at risk. Computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) are suitable methods for determining organs at risk and delineating target volumes. However, the authors emphasize their preference over MRI due to their greater soft tissue resolution and anatomical accuracy. Ultrasound is also mentioned as a guide for inserting applicators; however, this is not a functional technique for planning, as is the case with CT and MRI. Over time, new techniques have been introduced to enhance treatment, such as the development of 3D Image-Guided Brachytherapy (3DIGBT), single-dose multifractionated brachytherapy, and systems such as the Interactive Optimization Interface (IOI).

Keywords: Cancer, Brachytherapy, Imaging.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
1. El problema de investigación	4
1.1. Descripción del problema de investigación	4
1.1.1. Planteamiento del problema o pregunta de investigación	6
1.2. Justificación	6
1.3. Objetivos	8
1.3.1. Objetivo general	8
1.3.2. Objetivos específicos.....	9
1.4. Delimitación de la línea y sublínea de investigación	9
2. Marco Teórico	11
2.1. Marco Histórico	11
2.2. Marco referencial.....	15
2.2.1 Cáncer ginecológico.....	15
2.2.2. Efectos de la radiación sobre el cáncer	15
2.2.3. La braquiterapia de alta tasa de dosis.....	16
2.2.4. Técnicas de imagen.....	17
2.2.5. Nuevas tecnologías de braquiterapia.....	20

2.2.6. Avances de la braquiterapia de alta tasa de dosis y su integración con la imagenología	24
2.3. Marco legal	31
2.4. Marco contextual	32
3. Marco metodológico.....	35
3.1. Tipo y diseño de investigación	35
3.2. Unidades de análisis.....	36
3.3. Categorías y subcategorías.....	36
3.4. Consideraciones éticas	38
3.5. Métodos para la recolección de los datos	39
3.5.1. Delimitación de los instrumentos.....	39
3.5.2. Validez y confiabilidad de los instrumentos	40
3.6. Procedimiento	40
4. Resultados.....	43
4.1. Presentación y análisis de los resultados	43
Papel de la imagenología dentro del procedimiento de la braquiterapia de alta tasa de dosis (en esta parte se anotarán las partes del procedimiento dónde y cómo se involucra la imagenología, en base a lo descrito en los estudios):.....	52
Técnica imagenológica utilizada con mayor frecuencia en braquiterapia de alta tasa de dosis para cáncer ginecológico (en esta parte se anotarán las tecnologías utilizadas en	

los estudios y los motivos, para luego identificar la que se utilizó con mayor frecuencia).	
.....	56
4.2. Discusión de los resultados.....	58
4.2.1. Nuevas tecnologías de aplicación de braquiterapia de alta tasa de dosis.....	58
4.2.2 Papel de la imagenología dentro del procedimiento de la braquiterapia de alta tasa de dosis.....	64
4.2.3 Técnica imagenológica utilizada con mayor frecuencia en braquiterapia de alta tasa de dosis para cáncer ginecológico.....	69
4.3. Desarrollo del artículo científico de esta investigación.....	71
CONCLUSIONES.....	72
RECOMENDACIONES.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXOS.....	85
Anexo 1. Inscripción del proyecto de investigación.....	85
Anexo 2. Instrumento de análisis de datos.....	86
Anexo 3. Instrumento de validación utilizado por los expertos.....	87
Anexo 4. Carta de aprobación de exención por Comité Bioética.....	88
Anexo 5. Carta revisión profesor español y diploma.....	89
Anexo 6. Código QR para ingresar al artículo científico.....	91
Anexo 7. Artículo científico.....	92

Anexo 8. Indexación del artículo a la revista científica Saluta..... 124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorías y subcategorías	36
Tabla 2. Matriz Bibliográfica	44
Tabla 3. Tabla de análisis de datos	50

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1. Cilindros vaginales.....	64
Figura 2. Imagen de TC en corte sagital, para visualizar el correcto posicionamiento del tándem y ovoides en vagina de una paciente de 28 años con diagnóstico de cáncer cervical localmente avanzado en etapa IIC1.....	65
Figura 3. Delimitación de los volúmenes blanco de BTGI3D y de los OAR en los planos axial, coronal y sagital, por medio de una tomografía computarizada	67
Figura 4. Código QR donde se encuentra el artículo científico	71

INTRODUCCIÓN

El cáncer ginecológico representa un problema de salud pública a nivel mundial. Al año 2022 se registraron 661,044 nuevos casos de cáncer de cuello uterino y unas 350,000 mujeres murieron a causa de esta enfermedad (WHO, 2024). También se registraron 324,603 de cáncer de ovario y 417,367 de cáncer de endometrio y se estimaron aproximadamente 45,000 casos de cáncer de vulva y 17,000 de vagina. Con respecto a América Latina y el Caribe, los casos de cáncer ginecológico combinados al 2022 dieron un estimado de 112,360 casos nuevos y 53,018 muertes. Sin embargo, en América Latina, solo el 20 % de la población está cubierta por registros de cáncer de alta calidad, lo que puede subestimar las cifras reales. A pesar de los avances en el diagnóstico y tratamiento, la región enfrenta desafíos en la aplicación efectiva de la braquiterapia de alta tasa de dosis (HDR) como tratamiento para el cáncer ginecológico, debido a la falta de consenso sobre protocolos de tratamientos óptimos y la limitada disponibilidad de recursos tecnológicos y capacitación especializada, principalmente en el idioma español.

La braquiterapia de alta tasa de dosis como tratamiento para el cáncer ginecológico, ha sido introducida con éxito en Panamá y su accesibilidad ha crecido con el pasar de los años, por lo que es necesario darle visibilidad a esta nueva tecnología, y sobre todo estudiar el rol que tiene la imagenología dentro del procedimiento. Las tecnologías de imagen avanzadas, como la resonancia magnética o la tomografía computarizada, han transformado la planificación de la braquiterapia de alta tasa de dosis en cánceres ginecológicos.

Este trabajo de investigación consiste en una revisión bibliográfica de los estudios existentes sobre los avances en la aplicación de la braquiterapia de alta tasa de dosis en pacientes con cáncer ginecológico y cómo influye la imagenología en su eficacia. Se describe el papel de la imagenología dentro del tratamiento y las técnicas de imágenes empleadas.

Para ello el presente trabajo de investigación se encuentra dividido en 4 capítulos que permiten abordar de forma clara el tema principal del estudio. En el capítulo 1 se plantea como primer punto la descripción del problema de investigación, luego se presenta la justificación sustentando el porqué del estudio, posteriormente se detallan los objetivos de esta investigación y la delimitación de esta. El capítulo 2 está dedicado al marco teórico, donde se recopilan y analizan los principales conceptos, antecedentes y leyes que fundamentan la investigación, este capítulo brinda la información necesaria para comprender el enfoque de la investigación.

En el capítulo 3 se describe la metodología utilizada para llevar a cabo la investigación, especificando el tipo de investigación, el enfoque, las técnicas de recolección de datos, el procedimiento y las consideraciones éticas adoptadas. Este apartado es esencial para garantizar la confiabilidad de la investigación. Finalmente, en el capítulo 4 se exponen los resultados obtenidos en esta investigación, junto con el análisis que permite responder a los objetivos planteados inicialmente.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1. El problema de investigación

1.1. Descripción del problema de investigación

Los cánceres ginecológicos incluyen principalmente el cáncer de cuello uterino, ovario, endometrio (cuerpo uterino), vagina y vulva. Cifras proporcionadas por el Observatorio Global del Cáncer (GLOBOCAN) de la Organización Mundial de la Salud (OMS), indican que en el año 2022 se registraron 661,044 nuevos casos de cáncer de cuello uterino y unas 350,000 mujeres murieron a causa de esta enfermedad (WHO, 2024). También se registraron 324,603 de cáncer de ovario y 417,367 de cáncer de endometrio (cuerpo uterino). Los cánceres de vulva y de vagina son mucho menos comunes, en 2022, se estimaron aproximadamente 45,000 casos de cáncer de vulva y 17,000 de vagina.

Mientras tanto, en América Latina, el cáncer ginecológico, especialmente el cáncer de cuello uterino es un problema significativo de salud pública. Con respecto a América Latina y el Caribe, los casos de cáncer ginecológico combinados al 2022 dieron un estimado de 112,360 casos nuevos y 53,018 muertes. Sin embargo, en América Latina, solo el 20 % de la población está cubierta por registros de cáncer de alta calidad, lo que puede subestimar las cifras reales. Para 2023 y 2024, no hay datos oficiales consolidados aún (hasta marzo de 2025).

Según los datos más recientes publicados por el Instituto Oncológico Nacional de Panamá (ION), el cáncer cervicouterino o de cuello uterino, es el tercer tipo de cáncer más común en el ION y el segundo más frecuente en mujeres. En Panamá, el cáncer de cuello uterino es la segunda neoplasia maligna más común en las mujeres y representa el 16,4 % de todos los casos nuevos de cáncer. La tasa de incidencia estandarizada por edad fue de 22 por

100.000 mujeres (Cerrud y Núñez, 2023). Desde el año 2009, los casos se han duplicado, al año 2023 se registraron 426 casos de cáncer cervicouterino.

De hecho, el cáncer de cuerpo uterino o de endometrio ocupó el sexto lugar del total de la morbilidad oncológica, siendo este el tercer cáncer más frecuente en mujeres con 236 casos y el cáncer de ovario representó el octavo cáncer más frecuente en mujeres con 86 casos en el 2023. De acuerdo con las agrupaciones anatómicas, el mayor número de casos se encuentran en los órganos digestivos (1122 casos), siguen mama (1020 casos), órganos genitales femeninos (794 casos) y órganos genitales masculinos (583 casos) (RHC ION, 2023).

A pesar de los avances en el diagnóstico y tratamiento, la región enfrenta desafíos en la aplicación efectiva de la braquiterapia de alta tasa de dosis (HDR) como tratamiento para el cáncer ginecológico, debido a la falta de consenso sobre protocolos de tratamientos óptimos y la limitada disponibilidad de recursos tecnológicos y capacitación especializada, principalmente en el idioma español.

En Panamá actualmente se brinda el tratamiento de braquiterapia de alta tasa de dosis en el Centro Internacional de Radiocirugía y Radioterapia Oncológica (CIRRO) y en el Instituto Oncológico Nacional (ION). Próximamente, este servicio estará disponible en la Ciudad de la Salud. Con esta finalidad, el Hospital de Cancerología de la Ciudad de la Salud, ofrecerá tratamientos con braquiterapia, que dicho en palabras del Dr. Oduardo Ortega Barría, director médico del Hospital de Cancerología en una entrevista, “es lo último y más moderno en tecnología a nivel mundial, para tratar el tumor sin dañar los tejidos que lo rodean” (Jiménez, 2024, párr.4).

En vista de que este es un tratamiento innovador, recién introducido con éxito en Panamá y cuya accesibilidad ha crecido con el pasar de los años, es necesario darle visibilidad

a esta nueva tecnología, y sobre todo estudiar el rol que tiene la imagenología dentro del procedimiento. Las tecnologías de imágenes avanzadas, como la resonancia magnética o la tomografía computarizada, han transformado la planificación de la braquiterapia de alta tasa de dosis en cánceres ginecológicos. No obstante, la falta de estudios comparativos limita la capacidad de generar hallazgos que permitan la optimización de los protocolos en braquiterapia de alta tasa de dosis, por lo que se amerita una revisión documental.

Cabe resaltar, que este tratamiento ha sido introducido en Panamá recientemente para el tratamiento de cánceres ginecológicos, con una creciente accesibilidad a lo largo de los años. En lo que se refiere a las técnicas de imágenes avanzadas como la resonancia magnética y la tomografía computarizada, estas se utilizan para la planificación del procedimiento, facilitando una mayor precisión en la administración de las dosis. Sin embargo, la disponibilidad limitada de estudios comparativos dificulta la obtención de evidencia, que permita optimizar los protocolos actuales de la braquiterapia.

1.1.1. Planteamiento del problema o pregunta de investigación

Ante la problemática expuesta en el apartado anterior, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿cuáles son los avances en la aplicación de la braquiterapia de alta tasa de dosis en pacientes con cáncer ginecológico y cómo influye la imagenología en su eficacia?

1.2. Justificación

Según Océano Medicina (2022), 29 de los 47 países de América Latina y el Caribe han implementado programas de vacunación para niñas, casi todos tienen servicios de detección

con amplia cobertura. Sin embargo, aún no se ha logrado erradicar las muertes por cáncer cervicouterino debido a las barreras en el acceso a los tratamientos.

La fragmentación de los sistemas de salud ha llevado a una situación desafiante en el control del cáncer en América Latina, es fundamental contar con personal de salud capacitado en la detección, diagnóstico y tratamiento del cáncer para brindar una atención de calidad a los pacientes. Así mismo, se requiere el acceso a equipos médicos y tecnologías adecuadas para el manejo efectivo de la enfermedad (Salazar et al., 2024).

Este es un estudio de gran importancia, ya que proporciona información relevante sobre el tratamiento del cáncer ginecológico que es de gran incidencia en Panamá. Entre los tipos de cáncer más comunes en mujeres (García, s.f.), tres de estos son ginecológicos: el cáncer de cuello uterino, el cáncer de endometrio y el cáncer de ovario.

Sin duda, los resultados de esta investigación podrán mejorar significativamente los desenlaces para pacientes con cáncer ginecológico, proporcionando una base para optimizar el uso de la braquiterapia HDR y la imagenología. Al destacar los avances más efectivos, el estudio podrá influir en las guías clínicas y fomentar la estandarización de tratamientos, beneficiando tanto a los profesionales de la salud como a las pacientes.

Acorde a lo descrito anteriormente, sobre la presencia y disponibilidad en ascenso del tratamiento de braquiterapia de alta tasa de dosis en Panamá, este estudio surge por la necesidad de actualizar y consolidar el conocimiento sobre los avances en braquiterapia HDR para cáncer ginecológico, con un enfoque particular en el rol transformador de la imagenología. Por eso, la integración de tecnologías de imagenología como la Resonancia Magnética (RM), la Tomografía Computarizada (TC) y la ecografía, han transformado su aplicación, prometiendo mejorar tanto la precisión como los resultados terapéuticos. No

obstante, se requería una síntesis actualizada de estos avances y su impacto en la eficacia clínica, lo que subraya la necesidad de este estudio.

De igual manera, la relevancia académica ronda en torno a la creciente disponibilidad del tratamiento de braquiterapia de alta tasa de dosis en Panamá. En definitiva, para los estudiantes de la Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnósticas, es de vital importancia mantenerse en constante actualización sobre las tecnológicas emergentes, sobre todo, conocer el rol de la imagenología; cómo se fusionan y cómo se puede optimizar un tratamiento con la colaboración de las tecnologías imagenológicas. Esto proporcionará mayores oportunidades laborales y acceso a capacitaciones nacionales e internacionales, adicional a ello permitirá desarrollar competencias técnicas avanzadas, mejorar su capacidad para interpretar imágenes, mejorar la colaboración interdisciplinarias y contribuir en la obtención de mejores resultados clínicos, lo que se traduce en una mejoría en la calidad de atención médica para los pacientes.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Analizar los avances en la aplicación de la braquiterapia de alta tasa de dosis en pacientes con cáncer ginecológico y su integración con tecnologías de imagenología.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar el papel de la imagenología en la braquiterapia de alta tasa de dosis en cáncer ginecológico.
- Examinar en la literatura existente desde el año 2020 y 2025, los avances en la braquiterapia de alta tasa de dosis como tratamiento para el cáncer ginecológico.
- Determinar la tecnología imagenológica de preferencia para su uso en braquiterapia de alta tasa de dosis en el tratamiento de cáncer ginecológico.
- Elaborar un artículo científico que contribuya a la difusión de evidencia sistemática de información.

1.4. Delimitación de la línea y sublínea de investigación

Gestión de la calidad y seguridad de paciente (línea); mejoramiento continuo de la calidad (sublínea)

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2. Marco Teórico

2.1. Marco Histórico

De acuerdo con la revista “Turkish Journal of Oncology” la braquiterapia surge en 1896 París, Francia, justo después del descubrimiento de los rayos X hecho por Wilhelm Konrad Von Röntgen. El primer tratamiento exitoso de braquiterapia fue para el cáncer de piel en San Petersburgo en el año 1903. Durante ese mismo año, se evidenció en Nueva York, por Margareth A. Cleaves (1903), el uso de la braquiterapia para el tratamiento de pacientes con cáncer de cuello uterino. Mas tarde Finze en Inglaterra, dio aviso sobre la utilización del radio para el tratamiento de pacientes con cáncer de próstata, en la reunión de la “Association Francoised’Urologie” en 1909. Paralelamente, para el tratamiento de cáncer de próstata, se introdujo la utilización de la radioterapia intracavitaria por el doctor Octave Pasteau, especialista en urología y el terapeuta de radio Paul-Marie Degrais. Sin embargo, la publicación de los documentos oficiales surgió hasta años después.

En ese mismo año (1909), "Radiumtherapy" fue el título de la primera pieza literaria que abordada el tema de la radioterapia, el cual fue publicado por Wickham y Degrais. Por otra parte, en París, con el objetivo de ahondar en la radioactividad y los efectos causante de la radiación ionizante, fue fundado el Instituto del Radio, en el cual se estableció Marie Curie. Tras la Primera Guerra Mundial, en Estocolmo en el 1903, Gösta Forssell inició la realización del tratamiento de cuello uterino con radio en la casa de radio “Radiumhemmet”. Luego, en 1914, se dividió el área de radioterapia, una en tratamientos generales y la otra área de radioterapia fue liderada por James Heyman, enfocada a los tratamientos ginecológicos. Otro nombre para la braquiterapia como tratamiento para el cáncer de cuello uterino también era la “Técnica de Estocolmo”, en cambio se utilizaba el nombre de “técnica de

empaquetamiento de Heyman” para la braquiterapia de cáncer de útero, estos métodos de braquiterapia intracavitaria fueron descritos por las escuelas de Estocolmo y París en 1914 y 1919 respectivamente.

Años después de la década de 1930, debido a que en esta época no había planificación de tratamiento por ordenador o cálculos de dosis, en Nueva York, Edith Hinkley Quimby desarrollo un sistema de dosificación llamado Sistema Quimby, este método de dosificación establecieron normas para la colocación de agujas radioactivas, el cálculo de la distribución de la radiación de tejidos y minimizar el daño de los tejidos sanos, controlando la posición de las agujas, durante esa misma década se desarrolló en Manchester el Sistema de Paterson-Parker para la braquiterapia intracavitaria hecho por Ralston Paterson y Herbert Parker. Después en 1934, una nueva etapa en la braquiterapia surgió con el hallazgo de radionucleidos artificiales por Irene Curie y Frederick Joliot. Posteriormente, en 1935, el Instituto de Radiología y Biofísica de la Universidad de Estambul, fueron los centros más avanzados en equipamiento técnico, iniciando la braquiterapia en Turquía. En el transcurrir de los años, a partir de la década de 1950, se estandarizó en el equivalente a miligramos de radio, la dosificación de los radioisótopos en la braquiterapia. En 1955, el profesor Dr. Reha Uzel, el cual trabajó con Ulrich Henschke (pionero de la braquiterapia en Turquía y tumores ginecológicos), realizó la primera aplicación intracavitaria en el cual utilizaron aplicadores ovoides e intrauterinos de goma tipo Manchester con SeyfettinKuter. En el año de 1960, Ulrich Henschke, crea la técnica de carga diferida para tumores de cuello uterino y útero, introduciendo contenedores vacíos en el quirófano y cargando las fuentes radiactivas en la sala de tratamiento, mediante tubos de conexión, reduciendo la exposición del material radiactivo en el personal médico. Luego, en el año de 1978, para el progreso de la oncología ginecológica y la braquiterapia, fue fundamental la incorporación del Dr. Uzel en la

Oncología Radioterapéutica de la Facultad de Medicina de Cerrahpaşa. La tecnología moderna ha permitido el uso extendido de dispositivos de braquiterapia de alta tasa de dosis, especialmente en tratamientos intracavitarios (Kemikler, 2019).

Alexander Graham propuso la idea de la inserción de agujas directamente en el tumor en el año de 1903. En Dublín en el año 1914, se utilizó la braquiterapia intersticial para tratar un sarcoma de parótida inoperable de piel, siendo este el primer registro en la literatura médica sobre el uso de la braquiterapia. En 1931, Forsell estableció el término “braquiterapia” para referirse a la modalidad del tratamiento. El uso de fuentes de radio para el tratamiento de tumores se dio desde los inicios de la braquiterapia hasta la década de 1960. La aplicación de la braquiterapia en sus inicios se dio de manera experimental, sin embargo, al pasar el tiempo se profundizó el conocimiento de radiobiología y la mejora del cálculo de dosis, reduciendo los efectos adversos. Paralelamente, se introdujeron distintos isótopos radioactivos al arsenal terapéutico, siendo estos tanto naturales como artificiales. Tras la Segunda Guerra Mundial, para la práctica clínica se presentaron isótopos radioactivos debido al desarrollo de la tecnología nuclear, presentando isótopos radioactivos como “semillas, hilos, agujas y cápsulas”. En la década de 1960 y 1970, en Europa, especialmente en Francia, braquiterapia de baja tasa obtuvo su apogeo, siendo esencial para tratar tumores de mama, cavidad bucal, piel, entre otros. Posteriormente, en la década de 1980, debido a la disponibilidad de fuentes radiactivas 10.000 veces más potentes que las tradicionales, surgió la braquiterapia de alta tasa. En consecuencia, la braquiterapia se caracteriza por una serie de innovaciones sucesivas que han revitalizado su aplicación clínica (Pérez & García 2001).

En junio de 2024 se cumplen apenas 10 años desde la introducción de esta nueva tecnología en Panamá, la braquiterapia de alta tasa de dosis (HDR), cuando se realizó por primera vez y de manera exitosa en el Centro Internacional de Radiocirugía y Radioterapia

Oncológica (CIRRO), ubicado en el Hospital Nacional (Bonilla, 2014). Por su parte, el Instituto Oncológico Nacional (ION) inició con la aplicación de braquiterapia de alta tasa de dosis a partir de julio de 2023 y se realizó paralelamente a la braquiterapia de baja tasa de dosis, hasta octubre de ese mismo año cuando reemplazó en su totalidad a este último. Posteriormente, se vio la necesidad de reemplazar la braquiterapia de baja tasa de dosis (LDR) por la de alta tasa de dosis, porque esta última de por sí representa una optimización del tratamiento.

La necesidad de esto surge debido a que las cantidades de dosis administradas a los pacientes con la braquiterapia de baja tasa de dosis, era mucho menor en comparación a las dosis administradas con la braquiterapia de alta tasa de dosis, además el tiempo de las sesiones en braquiterapia de baja tasa de dosis era más extenso, lo que indica que la estadía de los pacientes en el centro médico era mayor; la braquiterapia de alta tasa de dosis permite que el tratamiento sea ambulatorio.

Otra ventaja de la braquiterapia de alta tasa de dosis sería la precisión, la posibilidad de irradiar a los tejidos sanos cercanos al órgano de interés es alta, con la implementación de la braquiterapia de alta tasa de dosis se disminuye la presencia de efectos secundarios.

Actualmente en el Instituto Oncológico Nacional, la braquiterapia de alta tasa de dosis o HDR, se aplica como tratamiento para el cáncer ginecológico. Este suele ser indicado como parte final del tratamiento, es decir, luego de la paciente haber recibido quimioterapia o de haberse realizado una histerectomía. Más adelante se espera que se aplique también en otros tipos de cáncer.

2.2. Marco referencial

2.2.1 Cáncer ginecológico

El cáncer ginecológico según Yale Medicine (2024), es el crecimiento acelerado y/o descontrolado de células anormales en los órganos reproductivos de una mujer, como, por ejemplo, el útero y la vagina, los síntomas incluyen sangrado o flujo vaginal anormal, dolor pélvico, necesidad de orinar frecuentemente y estreñimiento. Vale aclarar, que los cinco principales tipos de cáncer ginecológico son: el cáncer cervical, cáncer uterino o endometrial, cáncer de ovario, cáncer vaginal y cáncer de vulva. Las femeninas que se encuentran en mayor riesgo de presentar este tipo de cáncer son aquellas que contraen el virus del papiloma humano, mujeres de edades avanzadas, pacientes expuestas al dietilestilbestrol y también puede presentarse en mujeres con antecedentes familiares de esta enfermedad; para conocer si una mujer padece de este tipo de cáncer el principal método de diagnóstico es la prueba de papanicolaou.

2.2.2. Efectos de la radiación sobre el cáncer

Como parte de esta investigación es necesario comprender los efectos de la radiación sobre el cáncer; normalmente, cuando las células crecen estas se dividen como parte de un ciclo normal para formar nuevas células. Sin embargo, las células cancerosas crecen y se dividen de una manera más rápida que la mayoría de las células normales, la radiación evita que estas células cancerosas crezcan y se dividan, actuando sobre su ADN, ya que tienen dificultad para repararlo (MedlinePlus, 2024).

2.2.3. La braquiterapia de alta tasa de dosis

Con respecto a la braquiterapia, Villalba et al. (2024) describe que esta se basa en la administración de radiación por un corto o largo periodo de tiempo, a través de aplicadores y catéteres, ya sea en contacto directo con el tumor (braquiterapia intersticial) o dentro de los espacios corporales del paciente (braquiterapia intracavitaria), para proporcionar una o varias dosis de radiación. Este tratamiento es útil en pacientes con tumores ginecológicos, cáncer de próstata y sarcoma, ofreciendo una alternativa efectiva y focalizada en la terapia oncológica. Dependiendo de la ubicación del tumor y las condiciones del paciente para llevar a cabo el tratamiento es necesario recurrir al uso de anestesia.

Mientras tanto, VIDT Oncología Radiante (s.f.) indica que la braquiterapia de alta tasa de dosis puede ser utilizada sola o como un tratamiento complementario de otras terapias como la cirugía, la radioterapia externa y la quimioterapia. Durante la braquiterapia de alta tasa de dosis, una fuente radiactiva se coloca por poco tiempo directamente en el tumor y luego se retira, esta fuente viaja a través de pequeños catéteres o tubos delgados controlados por el aplicador, el cual es elegido y colocado en cada paciente de acuerdo con la planificación computarizada, previa a la administración de radiación. La braquiterapia de alta tasa de dosis se utiliza comúnmente para tratar tumores de próstata, ginecológicos, de cabeza y cuello, entre otros tipos de cáncer.

En cuanto a la braquiterapia ginecológica, de acuerdo con Aakki Akoudad (2024), esta se realiza para tratar el cáncer únicamente en el área afectada, minimizando el daño a los tejidos sanos como el intestino y la vejiga que se encuentran cerca de la zona, que va a recibir radiación por la presencia del cáncer. Es útil para tumores localizados en áreas difíciles de tratar con radioterapia externa, este tratamiento se puede usar solo o en combinación con otros métodos y es eficaz para reducir el tamaño del tumor, eliminar por completo a las

células cancerosas y disminuir el riesgo de recurrencia. Por su parte Chin (2024), también señala que la braquiterapia de alta tasa de dosis puede ser utilizada como complemento de otros tratamientos para cánceres ginecológicos como, por ejemplo, en el caso del cáncer de cuello uterino a menudo es combinada con la radioterapia de haz externo (EBRT) y para el cáncer de endometrio en etapa temprana, la braquiterapia es aplicada después de la cirugía para eliminar la enfermedad residual o restos de células cancerosas. Actualmente, no se conocen tratamientos que presenten los mismos beneficios que la braquiterapia, por lo tanto, es considerada un elemento esencial para tratar el cáncer ginecológico.

En relación con la braquiterapia de alta tasa de dosis, Misher (2024) destaca que, esta permite realizarse el procedimiento al usuario de manera ambulatoria, con dosis altas en tiempos cortos y siempre cuidando a los tejidos sanos cercanos al área afectada de la radiación, para cuidar al personal médico y otros pacientes, todo el procedimiento con la fuente radiactiva se lleva a cabo en una sala o cuarto de tratamientos especiales de braquiterapia con paredes blindadas y bajo estrictos permisos de acceso, donde después de haber transcurrido unos 10 o 20 minutos el personal autorizado ingresa a retirar el aplicador del paciente.

2.2.4. Técnicas de imagen

En relación a la imagenología médica García Delgado et al. (2022) la define como una especialidad médica que brinda imágenes detalladas del interior del cuerpo, para ello cuenta con diferentes técnicas de imagen como: rayos x, resonancia magnética, ultrasonido, tomografía computarizada, mamografías, medicina nuclear, angiografía, entre otras; por consiguiente, estas técnicas pueden ser definidas como especialidades de la imagenología

que permiten visualizar cada parte del cuerpo humano en su interior, además ayudan a tratar y diagnosticar enfermedades gracias a las diferentes energías empleadas para su funcionamiento.

Si bien es cierto estas técnicas han revolucionado el mundo de la imagenología con su efectividad, por ello la braquiterapia utiliza algunas de estas técnicas para complementar su tratamiento entre las más destacadas se pueden mencionar: la tomografía computarizada, la resonancia magnética y el ultrasonido. Cada una de ellas juega un papel importante dentro del tratamiento de la braquiterapia de alta tasa de dosis, por ejemplo, la tomografía computarizada se aplica principalmente para la planificación de este tratamiento, ya que facilita una visualización detallada de la anatomía del paciente y contribuye al correcto posicionamiento de la fuente radiactiva en relación con el tumor y los órganos circundantes. Por su parte, la resonancia magnética se utiliza para generar imágenes de alta definición de los tejidos blandos, resultando beneficioso en estudios de tumores, ya que mejora la definición del volumen tumoral. En cuanto al ultrasonido, este se utiliza con mayor frecuencia para la inserción correcta y segura de los aplicadores.

En correlación a lo anterior es importante destacar las características de cada una de ellas, de la tomografía computarizada se puede señalar que es considerada la técnica con más años de utilidad en la medicina y que, además, permite observar las imágenes de una manera precisa y en cortes horizontales sumamente delgados de cada parte del cuerpo capturada, respecto a la resonancia magnética esta se caracteriza por emplear un campo magnético, junto con ondas de radio para producir las diferentes imágenes diagnósticas en lugar de utilizar radiación ionizante, sobre el ultrasonido este es destacado por utilizar ondas sonoras de alta frecuencia, para generar imágenes de las estructuras internas corporales como huesos u órganos, estas imágenes son valiosas para detectar enfermedades. Siguiendo este mismo

orden de ideas, se debe reconocer que estas técnicas al igual que otros procedimientos aplicados en la medicina, tienen ciertas ventajas y desventajas, en comparación con las imágenes de TC, la RM le ofrece al usuario una mayor resolución de los tejidos blandos, lo que permite dibujar con precisión el tumor. Por ello, la Braquiterapia basada en RM permite ajustar la distribución de la dosis para alcanzar la dosis prescrita. Sin embargo, presenta ciertas desventajas, como su alto costo, y debido a eso una disponibilidad limitada en algunos centros, especialmente los de bajos recursos (Lim & Kim, 2021).

En cambio, la tomografía computarizada, tiene como beneficio una elevada resolución espacial y anatómica que facilita la adquisición de imágenes tridimensionales y cortes transversales del cuerpo humano, sobrepasando a la radiografía tradicional y en relación con la RM tiene como ventaja que sus equipos son menos costosos, no obstante, también tiene inconvenientes como la exposición a radiación ionizante, que conllevaría a riesgos acumulativos para algunos pacientes (Jung, 2021).

El ultrasonido ofrece varias ventajas con respecto a otras modalidades de imágenes, una de ellas es que sus equipos son más pequeños, por ende, ocupan menos espacio que las de otras técnicas imagenológicas y la adquisición de imágenes es muy versátil, gracias a esto el operador puede explorar diferentes regiones anatómicas con facilidad, otra ventaja es que no utiliza radiación ionizante para formar la imagen, como es en el caso de los rayos X, además sus costos son los más bajos de todas las técnicas de imágenes médicas disponibles. Una de las desventajas que se puede mencionar de esta técnica de imagen son el alto contenido de ruido moteado (speckle) en sus imágenes, este es un artefacto presente en las imágenes de ultrasonido que las hacen ver con puntos pequeños, sobre toda la imagen (Arámbula Cosío et al., 2021).

2.2.5. Nuevas tecnologías de braquiterapia

El desarrollo de la braquiterapia ha permitido la implementación de nuevas tecnologías, que han optimizado significativamente la precisión, seguridad y eficacia de los tratamientos. Dentro de esta evolución destacan: La braquiterapia adaptativa guiada por imágenes, braquiterapia guiada por imágenes con planificación 3D y braquiterapia multifraccionada.

La braquiterapia adaptativa guiada por imágenes es definida por Westerveld et al. (2021) como una técnica avanzada, la cual permite la administración de dosis de radiación más elevadas directamente al tumor residual, con el fin de minimizar el daño a los órganos en riesgo. Con el pasar de los años, implementar las técnicas de imagen como la resonancia magnética y la tomografía computarizada como parte de la planificación del tratamiento de braquiterapia, ha dado resultados positivos, mejorando la precisión a la hora de delimitar volúmenes, al momento de planificar la colocación del aplicador, así como también ha ayudado a disminuir la frecuencia de la enfermedad o la morbilidad. La braquiterapia guiada por imágenes demostró que puede presentar mejores resultados en tumores con estadios mayores, logrando una eliminación completa del tumor y evitando efectos a largo plazo como la reaparición de células anormales. La evidencia disponible hasta el momento está basada principalmente en estudios retrospectivos de un centro, con números limitados de pacientes. Como se ha mencionado en estudios anteriores, la braquiterapia adaptativa guiada por imágenes ha sido catalogada como el tratamiento eficaz del cáncer vaginal primario, siendo efectivo a la hora de combatir tumores en estado avanzado. Esto debido a la integración de imágenes tridimensionales de alta resolución, como la resonancia magnética, la cual permite una planificación del procedimiento muy precisa y una localización efectiva del tumor, disminuyendo así errores a la hora de administrar la radiación. También se destaca la

combinación de técnicas intracavitarias e intersticiales sin mostrar un aumento significativo en cuanto a morbilidad se refiere. En comparación con las radiografías bidimensionales la braquiterapia adaptativa guiada por imágenes ha proporcionado resultados que alientan tanto a los pacientes como al personal de salud, en cuanto al avance y/o evolución del tratamiento. Por otro lado, la “braquiterapia adaptativa tridimensional guiada por imágenes de alta tasa (3D IGABT) para el cáncer cervical localmente avanzado (LACC): una revisión narrativa sobre la modalidad de imágenes y la evidencia clínica” indica que la braquiterapia adaptativa guiada por imágenes 3D ha sido parte fundamental para el desarrollo de la oncología radioterápica, su uso ha permitido a los especialistas obtener una mejor comprensión del tumor y los tejidos sanos que se encuentran a su alrededor, de esta manera se ha dado paso a una mejor medición o identificación del tamaño y bordes del tumor, tratando siempre de no entregar dosis o entregar dosis mínimas a los tejidos sanos circundantes, todo esto representado en imágenes volumétricas. Actualmente el uso de los volúmenes 3D ha aumentado la cantidad de pacientes sobrevivientes y ha disminuido los efectos adversos que pueden ser presentados en ellos.

Las tecnologías de imágenes avanzadas no solo facilitan la planificación del tratamiento después de la colocación del implante, sino que también ofrecen la oportunidad de servir al personal una referencia en vivo, de lo que va ocurriendo dentro del paciente y así poder colocar de manera correcta el implante. Debido a esto, minimiza la necesidad de ajustes repetidos y garantiza entregar a los pacientes la dosis correcta en el lugar correcto.

De acuerdo con el autor, en la braquiterapia guiada por imágenes, la tomografía computarizada es la modalidad de imagen más utilizada debido a su mayor accesibilidad en comparación con la resonancia magnética. No obstante, la tomografía computarizada presenta limitaciones como la definición precisa de tumores y tejidos adyacentes o cercanos.

Si bien es eficaz para la planificación y el delineamiento del volumen objetivo, tiende a aumentar el tamaño real del tumor, sin embargo, estas fallas pueden ser mejoradas al combinar la TC con otras técnicas de imagen como la resonancia magnética y el ultrasonido. Los porcentajes del control local y la tasa de supervivencia en pacientes a los cuales se les ha tratado con TC, han sido positivos, pero la RM sigue siendo más efectiva, por lo tanto, se recomienda combinar la TC con otras imágenes, se ha visto que la tendencia es combinar la TC y la RM para llevar a cabo el tratamiento.

Además, para aprovechar la precisión de la resonancia magnética y la accesibilidad de la tomografía computarizada, en la braquiterapia guiada por imágenes se ha explorado la utilización de ambas técnicas en conjunto. Una de las estrategias es emplear la resonancia magnética durante la primera fracción del tratamiento, definiendo con exactitud el volumen objetivo y asegurando que la dosis se administre de manera efectiva. Para las fracciones siguientes, se utiliza la fusión de imágenes de tomografía computarizada y resonancia magnética, para mejorar la planificación del tratamiento. Los primeros resultados de esta metodología híbrida son prometedores, tanto en términos de dosimetría como en los resultados clínicos. Dentro de sus limitaciones, el paciente debe mantener la posición exacta durante todo el procedimiento, tampoco es posible monitorear la respuesta tumoral en una única adquisición de resonancia magnética. El uso en conjunto de estas técnicas de imágenes combinadas representa una relación costo-efectiva, lo que facilita la implementación de la braquiterapia adaptativa guiada por imágenes en entornos con recursos limitados.

A su vez, la braquiterapia intersticial guiada por imágenes 3D representa un avance significativo en el tratamiento del cáncer vaginal primario. Esta se diferencia de las técnicas intracavitarias convencionales, ya que pueden ser limitadas para tratar tumores de gran tamaño o grosor. La braquiterapia intersticial emplea la inserción agujas de catéter

directamente en el tumor, esto permite que la administración de dosis sea altamente precisa y adaptable al tumor. La guía por imágenes 3D mejora la capacidad para dirigir el tratamiento con exactitud hacia el tumor, de tal manera que minimiza la exposición que puedan tener los órganos en riesgo. Lo que se traduce, a un mayor control local de la enfermedad y, potencialmente, en mejores resultados clínicos. Aunque esta técnica especializada requiere instalaciones con los recursos necesarios, para llevarla a cabo y el personal capacitado, se considera que es una técnica tanto segura, como efectiva (Goodman et al. 2021).

La braquiterapia de alta tasa de dosis multifraccionada de aplicación única, según Yap et al. (2023) consiste en dividir la dosis total que recibirá el paciente en múltiples fracciones más pequeñas, lo que permite realizar el tratamiento en un solo día; de acuerdo con algunos estudios, la cantidad de fracciones depende de ciertas variables, como lo pueden ser: la planeación del tratamiento personalizada para el paciente y las tecnologías de imagen disponible. Hasta el momento se ha observado en diversos estudios, que existen diferentes esquemas de fraccionamiento que van desde: 3 fracciones (el mínimo visto hasta el momento), 4 fracciones o 5 fracciones. La braquiterapia multifraccionada de aplicación única, reduce el tiempo total de tratamiento. Este autor señala que un estudio reveló que la braquiterapia multifraccionada de aplicación única, obtuvo más relevancia durante la pandemia de COVID-19, en donde se buscaba aliviar el uso de anestesia y disminuir la tensión del paciente hospitalizado, debido a esto algunos centros optaron por la utilización de la braquiterapia multifraccionada de aplicación única. La técnica de braquiterapia para la realización de este procedimiento es la braquiterapia intersticial, en la cual se insertan los aplicadores (agujas o catéteres) en el tumor o cerca de él, para la administración de radiación por medio de un equipo llamado “aplicador”; para obtener y mantener un correcto

posicionamiento, se debe tener una cantidad de 50cc (centímetros cúbicos = cantidad de orina) durante cada fracción.

Adicionalmente, el autor se señala que, la braquiterapia intersticial de alta tasa de dosis guiada por tomografía computarizada, de aplicación única multifraccionada, cumple con las funciones necesarias para combatir el cáncer de cuello uterino avanzado, su uso permite que los pacientes permanezcan un corto período de tiempo en la unidad hospitalaria, y busca reducir incomodidades en los pacientes. Sin embargo, la acompañan algunas desventajas, al ser un tratamiento que se realiza en poco tiempo pueden manifestarse lesiones en los tejidos, por el poco tiempo que tienen de recuperación entre una sesión y otra. A pesar de esto, esta alternativa de tratamiento ha demostrado que puede reducir el tumor, ofreciendo un bajo costo en comparación de otras técnicas, por lo tanto, centros que no tienen buenas condiciones económicas, pueden optar por esta técnica y obtendrán resultados positivos.

2.2.6. Avances de la braquiterapia de alta tasa de dosis y su integración con la imagenología

De acuerdo con Rovirosa et al. (2023) la ecografía es una técnica cómoda y accesible, lo que ha facilitado su uso tanto en el diagnóstico como en los procedimientos de braquiterapia. Sus ventajas incluyen bajo costo, ausencia de radiación ionizante, portabilidad y fácil integración en el quirófano. Esta técnica permite visualizar el volumen tumoral macroscópico también conocido como “GTV”, el cual se refiere a la extensión y ubicación del crecimiento maligno que puede ser detectado de manera palpable, visible o demostrable del crecimiento maligno, orientando a la selección del aplicador adecuado, según la anatomía de la paciente, y verificar su colocación tras los traslados de la paciente; La inclusión de la ecografía en la inserción del aplicador y en la planificación de la braquiterapia ha permitido

a países en vías de desarrollo o con recursos limitados, implementar la braquiterapia guiada por imagen en el cáncer de cérvix, reduciendo la dependencia de otras pruebas diagnósticas menos accesibles como la resonancia magnética.

En cuanto a la resonancia magnética el autor señala que esta es superior a la tomografía computarizada en el carcinoma de cérvix, sin embargo, no todos los servicios de radioterapia tienen acceso y disponibilidad para realizar dosimetrías basadas en resonancia magnética, ya que implica un coste, dedicación y aprendizaje, lo que ha llevado a que en muchos servicios de todo el mundo, la tomografía computarizada siga siendo la técnica de imagen utilizada en la planificación de la braquiterapia. En la tomografía computarizada, es difícil distinguir entre el cuello y el cuerpo uterino, así como entre el cérvix y los tejidos circundantes. La administración de contraste intravenoso, siempre que sea posible con una función renal adecuada, no mejora la visualización del tumor o cérvix, pero puede ser útil para identificar los vasos uterinos y, por ende, el límite superior del cérvix y el inicio del cuerpo uterino, sin embargo, si hay afectación tumoral uterina solo es posible evaluarla con RM.

En correlación a lo descrito anteriormente, la resonancia magnética (RM) es considerada la imagen “Gold Standard” (en otras palabras, este es el método diagnóstico que determina la presencia de la condición con el mayor grado de certeza posible) para el cáncer de cérvix, siendo esencial para el diagnóstico, observar la respuesta del tratamiento y planificación de la braquiterapia. Esta tecnología de imagen ofrece una visión detallada sobre la extensión del tumor, patrones de crecimiento y topografía 3D al momento del diagnóstico, además de una evaluación cuantitativa y cualitativa de la respuesta, después de la radioterapia externa y quimioterapia previa a la braquiterapia. A pesar de las ventajas de esta técnica de imagen, esta tiene limitantes como la distorsión intrínseca asociada a las imágenes de RM.

Pequeñas deformaciones en la imagen pueden no ser relevantes en un servicio de radiología, pero en braquiterapia es crucial minimizar la incertidumbre en el contorno de los órganos y la reconstrucción de los aplicadores (Rovirosa et al., 2023).

Por otra parte, Urdaneta et al. (2025), en el estudio titulado “Braquiterapia Guiada por Imágenes con Planificación 3D en cáncer de Cuello Uterino”, indica que la braquiterapia es una terapia fundamental para el cáncer de cuello uterino. Ha evolucionado de gran manera, desde los equipos iniciales hasta los modernos de alta tasa y el avance de su técnica, desde sus inicios hasta la carga diferida manual y remota. La braquiterapia de carga manual diferida implica la inserción manual de las fuentes radiactivas en el paciente para administrar la radiación. En cambio, la braquiterapia de carga diferida remota utiliza un sistema automatizado, que mueve la fuente radiactiva al paciente, minimizando la exposición del personal a la radiación. Recientemente, se ha implementado la Braquiterapia Guiada por Imágenes con Planificación 3D (BTGID) y la planificación inversa. Este avance representa un cambio de paradigma en la braquiterapia ginecológica, al incorporar principios de Radioterapia Conformada con Planificación 3D (RTC3D) y Radioterapia de Intensidad Modulada (IMRT) mediante el uso imágenes volumétricas como la tomografía computarizada y la resonancia magnética, junto con modernos sistemas de braquiterapia de alta tasa de dosis con carga diferida remota y sistemas de planificación de tratamiento, la planeación se realiza antes del tratamiento para establecer exactitud la posición de las fuentes radioactivas y determinar el tiempo del tratamiento. En este estudio la experiencia preliminar con la braquiterapia guiada por imágenes con planificación 3D, se realizó mayormente con tomografía computarizada debido a la escasez de equipos de resonancia magnética en el hospital. Aunque ambas son útiles para identificar órganos a riesgo la tomografía

computarizada puede sobrestimar la dimensión transversal del tumor y el volumen tratado, en comparación con la resonancia magnética.

Dentro de este mismo orden de ideas, según Mahantshetty et al. (2021), los avances tecnológicos dentro del campo de imágenes médicas, esto en conjunto con creciente de accesibilidad a equipos como la resonancia magnética y los escáneres de tomografía computarizada, esto ha dado acceso a gran parte de los centros en todo el mundo integren la Braquiterapia Adaptativa Guiada por Imágenes (IGABT) como práctica clínica habitual. Asimismo, la braquiterapia de alta tasa de dosis de aplicación única multifraccionado, radica en la administración única de braquiterapia dividiendo la dosis en múltiples fracciones, siendo el propósito fundamental disminuir las complicaciones en los tejidos normales. Los últimos avances como los aplicadores híbridos de braquiterapia ginecológica de nueva generación y la optimización del volumen de dosis objetivos y los órganos a riesgo, han hecho posible explorar la reducción de la aplicación y fraccionamiento. Las técnicas implementadas en el estudio muestran un potencial y aceptación de la braquiterapia en las pacientes, también generando un ahorro en gran medida de los recursos, manteniendo tasas de control de la enfermedad y toxicidad similares a los protocolos estándar. El protocolo IGABT del estudio incluyó una sesión de braquiterapia y tratamiento con 3 fracciones de HDR (9 Gy el primer día; 2 fracciones de 7 Gy con un intervalo mínimo de 6 horas el segundo día), alcanzando los objetivos de planificación de volumen clínico objetivo de alto riesgo. La resonancia magnética con la braquiterapia multifraccionada de aplicación única, fue viable en el 95 % de los pacientes. Los parámetros dosimétricos y los resultados clínicos obtenidos según el estudio hasta ahora parecen prometedores.

Por otra parte, en el estudio “Planificación interactiva del tratamiento de braquiterapia de alta tasa de dosis para cáncer ginecológico”, Liu et al. (2021), señala que es esencial la

planificación del tratamiento para la braquiterapia de alta tasa de dosis, debido a que impacta de gran manera en la calidad del tratamiento. Debido al tiempo limitado del planificador en un entorno clínico, es indispensable disponer de una herramienta de planificación eficaz, permitiendo explorar opciones con rapidez y hallar una solución óptima para los requisitos médicos. En este estudio se realizó una formulación de un problema de optimización con una función objetivo, que contiene una suma ponderada de dosis para órganos normales, sujetos a una cobertura objetivo-especificada por el usuario. Con un simple *clic* del *mouse*, el problema de optimización se resuelve en segundos con un método de dirección alternada de multiplicadores altamente eficiente y una estrategia de optimización de inicio en caliente. Se tardó un breve periodo de tiempo en resolver el problema de optimización en cada caso. Con la capacidad de optimización interactiva, se puede obtener un plan satisfactorio en un periodo corto de tiempo. La herramienta de optimización interactiva es eficaz en términos de ayudar a un planificador a generar un plan con mayor eficiencia y calidad.

Otra forma de contribuir en los avances de la braquiterapia de alta tasa de dosis ha sido la implementación de la braquiterapia adaptativa guiada por imágenes con resonancia magnética, para ello de acuerdo con el estudio de Solís et al. (2020) titulado “Braquiterapia adaptativa guiada por resonancia magnética para el cáncer cervical localmente avanzado: Experiencia del Hospital Carlos Van Buren”, se deben seguir las recomendaciones de la “European Society of Radiotherapy and Oncology” (ESTRO); la cual es una entidad científica, que se dedica a impulsar todos los aspectos de la radioterapia oncológica, con el fin de optimizar el tratamiento de pacientes con cáncer, en sus diversas modalidades. La braquiterapia adaptativa guiada por imágenes personaliza el tratamiento del cáncer, ya que ajusta la dosis según el tamaño del tumor, tanto al inicio como a lo largo del tratamiento. Esto no solo optimiza la eficacia, sino que también reduce la exposición a la radiación en los

órganos cercanos a riesgo. Los resultados clínicos han demostrado una mejora en el control local del cáncer, la supervivencia general de los pacientes y complicaciones relacionadas al tratamiento.

Los autores indican que, durante la sesión inicial de la braquiterapia, se empleó una tomografía computarizada para verificar la correcta colocación del dispositivo, adicionalmente se realizó una resonancia magnética con el dispositivo aun en su lugar, para evaluar cualquier tejido remanente. En el tratamiento de cuello uterino la resonancia magnética es esencial debido a que sus imágenes detalladas permiten definir con exactitud el tamaño y la forma del tumor. Esta capacidad de visualización de múltiples planos es vital para la planificación con exactitud de la braquiterapia, garantizando una delimitación fiable de las áreas a tratar. El estudio demostró que el protocolo de braquiterapia adaptativa guiada por imágenes de resonancia magnética implementado en el Hospital Carlos Van Buren ubicado en Chile es viable, seguro y cumple con los estándares de la práctica clínica, esto sugiere que la braquiterapia guiada por resonancia magnética podría ser una opción práctica para el sistema de salud, ofreciendo una evaluación objetiva de la reducción tumoral, resultados de dosimetría y de toxicidad aguda, comparables a los estándares internacionales. Sobre la base de “Estado actual y direcciones futuras de la braquiterapia adaptativa guiada por imágenes para el cáncer de cuello uterino localmente avanzado”, Eustaquio et al. (2024) señala que, en las últimas dos décadas, la braquiterapia para el cáncer de cuello uterino ha mejorado notablemente, especialmente con la incorporación de la resonancia magnética, la planificación adaptativa y tridimensional. Dando como resultado una mayor tasa de curación y menor toxicidad en paciente sin linfadenopatía pélvica negativa, (es decir que no existen indicios de inflamación o expansión de los ganglios linfáticos en la zona pélvica), gracias a técnicas modernas que permiten una estrategia de tratamiento más precisa, se han obtenido

mejores resultados con dosis de volumen tumoral bruto mayores a 110 Gy y tratamientos de duración igual o menor a 56 días, gracias a técnicas modernas que permiten una estrategia de tratamiento más precisa.

Retomando lo expuesto por el autor una razón clave para el uso de la resonancia magnética es que permite reducir el número de sesiones de tratamiento, siendo de gran importancia debido a molestias y dificultades que experimentan las pacientes, también disminuyendo la carga que implica en los equipos multidisciplinarios. La resonancia magnética, al ofrecer imágenes detalladas de los tejidos blandos, permite una planificación más precisa y segura del tratamiento, incluso con menos sesiones. El autor destaca que estudios previos han mostrado resultados prometedores en la evaluación de efectividad en tratamientos más cortos, utilizando la planificación adaptativa tridimensional guiada por resonancia magnética. Estos estudios indican que la braquiterapia en solo dos o tres fracciones podría tan efectivo como los tratamientos estándar en el control local del cáncer y la incidencia de efectos secundarios. Un estudio retrospectivo francés mencionado en esta investigación, demostró que un ciclo de braquiterapia de 3 fracciones logró tasas de supervivencia y control de la enfermedad comparable a un esquema de cinco fracciones.

Del mismo modo, la resonancia magnética, aunque es muy beneficiosa es costosa y de acceso limitado. En ese contexto, la ecografía transrectal surge como una opción más económica para la planificación de la braquiterapia para cáncer de cuello uterino, sobre todo en países en desarrollo y con acceso limitado a equipos de alta tecnología. La tomografía computarizada (TC) tiende a subestimar los volúmenes objetivos en la planificación de tratamientos en comparación con la resonancia magnética. Teniendo eso en cuenta, la ecografía transrectal emerge como una herramienta valiosa que puede complementar la TC,

permitiendo una delimitación más precisa en áreas de riegos. Esto facilitará la integración de braquiterapia guiada por imágenes en países de escasos recursos.

2.3. Marco legal

El marco legal de Panamá protege a las persona con enfermedades crónicas, según la Constitución Política de la República, en su Capítulo 6, dedicado a la Salud, Seguridad Social y Asistencia Social, de acuerdo con los artículos 109 y 113 establece la priorización de la salud pública, junto a garantizar el derecho a la seguridad económica para quienes no pueden trabajar y también, establecer servicio de seguridad social que cubran las necesidades básicas de todos los ciudadanos (Constitución Política de la República de Panamá, 2016).

Adicionalmente, la Ley 59 de 2005 adopta normas de protección laboral para personas con enfermedades crónicas, involutivas y/o degenerativas, que producen discapacidad laboral, según sus artículos 1, 2 y 3, se debe tener total garantía de poder laborar dentro de las mismas condiciones previas al diagnóstico, se prohíbe el despido injustificado mientras que el trabajador pueda realizar sus tareas o similares a estas, reconociendo la naturaleza prolongada y sintomática de estas enfermedades (como cáncer, diabetes e hipertensión), se prohíbe la discriminación y acoso laboral, cualquier despido derivado de estas se considerara despido injustificado, con el fin de asegurar la estabilidad laboral y la seguridad económica de los trabajadores afectados (Gaceta oficial, 2006).

Por lo tanto, las leyes vigentes en Panamá se enfocan en evitar la discriminación de personas con enfermedades crónicas. Cabe mencionar que, a pesar de que no existe un código de ética exclusivamente para radiólogos, se puede recurrir al Código de ética médico de Panamá. Este último se inspira en marcos éticos globales como la Declaración de Helsinki,

en la cual se destaca el principio sobre el propósito de las investigaciones es comprender las causas, evolución y efectos de las enfermedades y mejorar las intervenciones preventivas, diagnósticas y terapéuticas (métodos, procedimientos y tratamientos). Además, las intervenciones ya establecidas deben ser objeto de evaluación constante mediante la investigación, para garantizar que sean seguras, eficaces, efectivas, accesibles y de calidad (Asociación Médica Mundial AMM, 2024).

2.4. Marco contextual

Según los datos más recientes del el Instituto Oncológico Nacional, el cáncer cervicouterino o de cuello uterino, es el tercer cáncer más común de la institución y el segundo más frecuente en mujeres. En Panamá es la segunda neoplasia maligna más común en mujeres, representando el 16 % de todos los diagnósticos nuevos de cáncer. La tasa de incidencia estandarizada por edad fue de 22 por 100.000 mujeres (Cerrud & Núñez, 2023) desde el año 2009 al 2023, los casos se han duplicado. Al año 2023, se registraron 426 casos de cáncer cervicouterino.

Durante el año 2023, el cáncer de cuerpo uterino o de endometrio se posicionó como el sexto lugar de la morbilidad oncológica total y el tercero más frecuente en mujeres con 236 casos. El cáncer de ovario fue el octavo más frecuente en mujeres, con 86 casos. Según las agrupaciones anatómicas, el mayor número de casos se registró en los órganos digestivos (1122 casos), seguido por el cáncer de mama (1020 casos), órganos genitales femeninos (794 casos) y órganos genitales masculinos (583 casos) (RHC ION, 2023).

En Panamá actualmente se brinda el tratamiento de braquiterapia de alta tasa de dosis para cáncer ginecológico, únicamente en el Centro Internacional de Radiocirugía y Radioterapia Oncológica (CIRRO) y en el Instituto Oncológico Nacional (ION)

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3. Marco metodológico

3.1. Tipo y diseño de investigación

En el libro Metodología de la Investigación, Sampieri et al. (2014), explica que el enfoque cualitativo “utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación” (p. 7). Los enfoques se pueden diferenciar tomando en cuenta que el cualitativo busca expandir la información, y el cuantitativo busca delimitar o medir con precisión los datos.

Esta investigación posee un enfoque de tipo cualitativo, debido a que consiste en un revisión bibliográfica o literaria. Según Sampieri et al. (2014) “La revisión de la literatura implica detectar, consultar y obtener la bibliografía (referencias) y otros materiales que sean útiles para los propósitos del estudio” (p.61).

Para describir la integración de la braquiterapia de alta tasa de dosis con las tecnologías de imagenología e identificar los avances en braquiterapia de alta tasa de dosis, se utilizarán datos no numéricos por medio de revisiones literarias (artículos científicos, ensayos clínicos, revisiones sistemáticas), o análisis de contenido, correspondiente a un enfoque cualitativo.

El alcance es esta investigación es descriptivo, ya que se analizará información sobre los conceptos y categorías descritas. Los estudios descriptivos, como su nombre lo dice, se aplica cuando investigador busca describir las propiedad o características del objeto de estudio. Es decir, solo se pretende recolectar información, sobre los conceptos o variables referidos (Sampieri et al. 2014, p.92). A su vez, esta corresponde a un diseño de estudio no experimental, ya que se realizará sin manipulación deliberada de variables.

Además, esta es una investigación de tipo transversal, ya que la recolección de datos se realiza en un único periodo de tiempo y no se buscan medir cambios evolutivos a través del tiempo.

3.2. Unidades de análisis

La metodología estará basada en la revisión de un mínimo de cinco estudios publicados entre 2020 y 2025, lo que asegura que los avances sean actuales. La investigación estará basada en datos globales disponibles en bases como PubMed, SciElo, Google Scholar, o revistas especializadas en oncología y radioterapia. Así como en información proporcionada por médicos especializados del Instituto Oncológico Nacional.

A modo de criterios de inclusión, los estudios de esta revisión deberán ser investigaciones publicadas entre 2020 y 2025 en idioma español e inglés, sin restricciones de región geográfica, que en su contenido figuren las categorías previamente estipuladas. Se excluirán todos los estudios que no cumplan estos criterios.

3.3. Categorías y subcategorías

Para la realización de esta investigación se tomaron en cuenta las siguientes categorías:

Tabla 1.

Categorías y subcategorías

Categorías y Subcategorías			
Unidad de estudio	Categoría	Enunciado	Subcategoría

<p>1-“Braquiterapia guiada por imágenes con planificación 3D en cáncer de cuello uterino”.</p> <p>2-“Braquiterapia de alta tasa de dosis de aplicación única</p>	<p>Cáncer ginecológico</p>	<p>El cáncer ginecológico es cualquier cáncer que comienza en los órganos reproductivos de una mujer, es decir, en la zona pélvica (Yale Medicine, 2024).</p>	<p>-Cáncer de endometrio.</p> <p>-Cáncer cervicouterino.</p> <p>-Cáncer cervical</p> <p>-Cáncer vaginal</p>
<p>multifraccionada guiada por imágenes para el cáncer de cuello uterino: resultados clínicos y dosimétricos”.</p> <p>3-“Planificación interactiva del tratamiento de</p>	<p>Nuevas tecnologías de aplicación de braquiterapia de alta tasa de dosis.</p>	<p>Nuevas tecnologías de aplicación que han mejorado la precisión, seguridad y eficacia de este tratamiento, con la implementación de técnicas de imagen (IVO, 2021).</p>	<p>-Braquiterapia adaptativa guiada por imágenes.</p> <p>-Braquiterapia guiada por imágenes con planificación 3D.</p> <p>-Braquiterapia Multifraccionada</p>
<p>braquiterapia de alta tasa de dosis para cáncer ginecológico”.</p>	<p>Técnicas de imagen de planificación</p>	<p>Técnica que utiliza tecnologías digitales para capturar, almacenar, procesar y visualizar imágenes médicas (Clínica Universidad de Navarra, 2023)</p>	<p>-Resonancia magnética.</p> <p>-Tomografía computarizada.</p>

<p>4-“Braquiterapia 3D guiada por la imagen”.</p> <p>5-“Braquiterapia adaptativa guiada por resonancia magnética para el cáncer cervical localmente avanzado: Experiencia del Hospital Carlos Van Buren”.</p>	<p>Criterios de validación de resultados obtenidos</p>	<p>Criterios que se utilizaron para validar la eficacia. Eficacia se refiere a la capacidad de lograr el efecto que se desea o espera (RAE, 2024).</p>	
---	--	--	--

Nota: elaboración propia (2025).

3.4. Consideraciones éticas

Esta investigación fue revisada por el Comité de Bioética de la Universidad Santander, quienes a través de una carta de exención se estableció que esta no requiere aprobación regulatoria por parte del comité, debido a que no clasifica como una investigación con seres humanos.

Para asegurar el cumplimiento de los principios éticos se implementaron las siguientes acciones: para garantizar la calidad y validez de la información, se seleccionaron únicamente

publicaciones de portales científicos confiables como revistas científicas indexadas o bases de datos bibliográficas (por ejemplo, PubMed, Google Scholar). Toda la información extraída fue debidamente referenciada, evitando cualquier forma de plagio o apropiación indebida de ideas. Se realizó una citación adecuada según el formato APA 7 para el reconocimiento de la autoría, esto incluye citar correctamente datos, tablas, figuras o cualquier material que se incorporó al análisis, respetando los derechos de propiedad intelectual.

Aunque esta investigación no involucra datos primarios de pacientes, se respetaron las normas éticas asociadas a los estudios originales revisados, es decir, si se utilizan datos agregados (por ejemplo, tasas de éxito o efectos secundarios), se presentan sin intentar identificar a individuos o alterar su contexto original.

Los resultados se presentan de forma clara, incluyendo tanto resultados positivos como limitaciones reportadas en la literatura, sin manipular la información para favorecer una conclusión predeterminada que puedan inducir a error o generar expectativas injustificadas sobre la braquiterapia o las tecnologías imagenológicas en el ámbito clínico.

3.5. Métodos para la recolección de los datos

3.5.1. Delimitación de los instrumentos

Se utilizó un instrumento de elaboración propia, compuesto por una Matriz Bibliográfica que permite especificar los datos de referencia de los estudios seleccionados como el título, autores, año, etc., y de esta manera citar y referenciar correctamente. Y además permite sintetizar información relevante contenida en los estudios como: los instrumentos o técnicas utilizadas, resultados, conclusiones, limitaciones y recomendaciones del estudio.

Además, posee una tabla de análisis de datos y una serie de ítems, que facilitan registrar la información contenida en los estudios de manera más detallada y específica, acorde a nuestros objetivos de investigación (ver anexo 2).

3.5.2. Validez y confiabilidad de los instrumentos

La validez y confiabilidad del instrumento elaborado se hizo a partir del juicio de expertos. Este proceso estuvo conformado por 3 profesionales de áreas académicas que por su nivel de conocimiento en la materia fueron seleccionados, para que evalúen que los ítems que componen el instrumento sean consecuentes con lo que se quiere evaluar (Maldonado S. & Santoyo T., 2024). Este grupo de expertos estuvo conformado por un experto en el área metodológica, un experto en radio oncología y un experto en el área de la radiología (ver anexo 3).

3.6. Procedimiento

Se inició esta investigación con una revisión documental de materiales generales para la selección de los artículos/estudios. Luego se continúa con una lectura profunda de los estudios y el desarrollo de la matriz bibliográfica del instrumento. Se procede a identificar en los estudios seleccionados las siguientes categorías: tipo de cáncer ginecológico tratado, nuevas tecnologías de aplicación de braquiterapia de alta tasa de dosis, técnicas imagenológicas utilizadas en la planificación, y criterios de validación. Para el análisis de resultados, se utilizó la técnica de análisis de contenido, que consiste en organizar la información en categorías más manejables. Esto permite extraer tendencias y, relaciones

entre conceptos. La clasificación de la información para su análisis se realizó por medio del instrumento diseñado con el programa *Word* de *Microsoft Office*.

Posteriormente, y una vez identificada y clasificada la información relevante sobre las categorías establecidas en el instrumento, se describe en base a la información obtenida el papel de la imagenología dentro del procedimiento de la braquiterapia de alta tasa de dosis, es decir, para qué se emplean las diferentes técnicas de imagen dentro del procedimiento. Luego, se describen las tecnologías imagenológicas utilizadas en cada estudio y los motivos de su uso, para poder identificar la técnica imagenológica utilizada con mayor frecuencia en braquiterapia de alta tasa de dosis para cáncer ginecológico.

Finalmente, se presentan en este informe los resultados y la discusión de estos resultados, así como las conclusiones y recomendaciones finales de esta investigación.

CAPÍTULO 4: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4. Resultados

4.1. Presentación y análisis de los resultados

Para mayor facilidad y comprensión de los resultados, se abrevian cada uno de los estudios consultados de la siguiente forma:

- Estudio 1: braquiterapia guiada por imágenes con planificación 3D en cáncer de cuello uterino.
- Estudio 2: braquiterapia de alta tasa de dosis de aplicación única multifraccionada guiada por imágenes para el cáncer de cuello uterino: resultados clínicos y dosimétricos.
- Estudio 3: planificación interactiva del tratamiento de braquiterapia de alta tasa de dosis para cáncer ginecológico.
- Estudio 4: braquiterapia 3D guiada por la imagen
- Estudio 5: braquiterapia adaptativa guiada por resonancia magnética para el cáncer cervical localmente avanzado: experiencia del Hospital Carlos Van Buren.

A continuación, se presenta la información recopilada de estos estudios por medio del instrumento de análisis de datos.

Tabla 2.

Matriz Bibliográfica

Matriz bibliográfica

Estudio 1

Título:	Braquiterapia guiada por imágenes con planificación 3D en cáncer de cuello uterino	Instrumentos/técnicas/procedimientos realizados:	Se realizó un estudio descriptivo, observacional, de las pacientes con diagnóstico de carcinoma de cuello uterino que fueron tratadas con BTGI3D con implantes útero vaginales en el Servicio de Braquiterapia Oncológica San Román del Urológico San Román, durante los años 2021-2023. Las pacientes recibieron braquiterapia (posterior a radioterapia externa) concurrente con quimioterapia. La realización del implante fue guiada por ultrasonido. El aplicador más utilizado fue el tipo Fletcher. Para la planificación se realizó tomografía. Se empleó dosimetría 3D y planificación inversa. Se utilizó el equipo Flexitron, con fuente de cobalto 60 de alta intensidad 2 Ci.
Fuente donde aparece publicado:	Google Scholar	Resultados:	Predominó el estadio IIB (182) seguido del estadio IIIB (99). En 63,8 % de las pacientes se empleó radioterapia externa con planificación conformada 3D. La mediana de dosis total de radioterapia a la pelvis fue 45 Gy. El esquema más utilizado fue el de 2 implantes (9-10 Gy) en 66,6 % de las pacientes (28). La mediana de dosis total osciló 81,5-85,6 Gy. 66 pacientes (15,49 %) recibieron la radioterapia y braquiterapia en menos de 8 semanas. Promedio de seguimiento fue 10,5 meses, con una mediana de 8,5 meses. El 71,36 % de las pacientes estaban vivas sin enfermedad. La sobrevida global fue 77,1 % y la sobrevida causa específica 78,8 %, a los 2 años.
Autores:	Urdaneta, Nelson; Reyes, Rosario; Abreu, Perfecto; Aguirre, Laura; Rodríguez, Héctor; Lira, Luis; Vera, Andrés; Villegas, María G; Barboza, Doris; Hernández, Carlos; D'anna, Eneimar	Conclusiones:	La braquiterapia es fundamental en el tratamiento radiante del cáncer de cuello uterino es posible la aplicación de esta nueva tecnología de nuestro medio. El desarrollo de la BTGI3D representa un cambio de paradigma en BT ginecológica. El presente estudio se demuestra que es posible la aplicación de esta nueva tecnología de BTGI3D en nuestro medio, a pesar de la crisis en el sector salud en este país. En la actualidad están comenzando a utilizar la RM de rutina para la planificación de la BT y se espera mejorar la técnica en el futuro para incluir la BT intersticial en las pacientes con enfermedad localmente avanzada.
Año de publicación:	2024	Limitaciones:	En la planificación de la BTGI3D en este servicio se ha utilizado básicamente la TC ya que no se disponía de equipos de RM en la institución hospitalaria.
País:	Venezuela	Recomendaciones:	No reportadas.
Enlace o link:	https://revista.oncologia.org.ve/wp-content/uploads/2025/01/03.-Urdaneta-N-16-36.pdf		

Estudio 2

Título:	Braquiterapia de alta tasa de dosis de aplicación única multifraccionada guiada por imágenes para el cáncer cervical: resultados clínicos y dosimétricos	Instrumentos/técnicas/procedimientos realizados:	Estudio prospectivo con el objetivo de evaluar si la braquiterapia adaptativa guiada por imágenes (IGABT), aplicada en una sola inserción y en varias fracciones con alta tasa de dosis (HDR), era viable y segura para tratar el cáncer cervical. Participaron 38 pacientes diagnosticadas con enfermedad en estadio IIB a IVA, según la clasificación FIGO 2009, estas pacientes fueron reclutadas entre 2017 y 2019. Luego de recibir radioterapia externa de 50 Gy en 25 sesiones, las pacientes fueron tratadas con IGABT basada en resonancia magnética. El protocolo de IGABT consistió en una sola aplicación de braquiterapia (BT) y tratamiento con 3 fracciones de HDR (9 Gy el día 1; 2 fracciones de 7 Gy con un intervalo mínimo de 6 horas el día 2). Para que el tratamiento fuese aceptable se debía lograr que el volumen objetivo clínico de alto riesgo (HRCTV) recibiera más de 84 Gy, mientras que el volumen de 2 cm ³ de vejiga y recto/sigmoides no debía superar los 85 Gy y 71 Gy respectivamente. Para controlar la variabilidad entre las fracciones, el segundo día se realizó una planificación adicional con tomografía computarizada, usando un sistema de registro por coordenadas basado en información mutua. Además, se delimitaron los órganos en riesgo con tomografía computarizada y se ajustaron las dosis en algunos casos.
Fuente donde aparece publicado:	Google Scholar, Pubmed, Science Direct, International Atomic Energy Agency (IAEA), International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics.	Resultados:	A todos los pacientes se les aplicó braquiterapia combinada (intracavitaria e intersticial). La media desviación estándar del volumen objetivo clínico de alto riesgo (HRCTV) fue de 41 ± 21 cm ³ y la dosis media que recibió el 90 % del HRCTV (D90) fue de 87, 2 Gy ± 3,6 Gy. Seis pacientes necesitaron ajustes en la planificación antes de recibir una segunda fracción del tratamiento. En promedio, el tratamiento duró 47 días, con una variación de 6 días aproximadamente. Al cabo de un seguimiento de 22 meses con un rango de 2 a 37 meses, se observó un control local del 90,1 %, una supervivencia libre de enfermedad del 85 % y una supervivencia global del 94,5 % a los dos años. Para ese momento se reportaron efectos secundarios en el recto en tres pacientes: uno con toxicidad de grado II y dos con toxicidad de grado III.
Autores:	Mahantshetty, Umesh; Gurrani, Lavanya; Bushra, Sabheen; Ghadi, Yogesh; Aravindakshan, Dheera; Paul, John; Hande, Vinod; Pillar, Avinash; Chopra, Supriya; Ghosh, Joya; Shylasree; Popat, Palak; Sable, Niles; Maheswari, Amita; Gupta, Sudeep	Conclusiones:	Las técnicas empleadas en este estudio tienen el alcance para facilitar la aplicación de la braquiterapia (BT) y hacerla más aceptada por los pacientes, adicionalmente representan un uso más eficiente y ahorrrativo de los recursos, sin comprometer el control de la enfermedad ni aumentar los efectos secundarios. La braquiterapia guiada por resonancia magnética con una aplicación única fraccionada resultó factible en el 95 % de los casos, los datos dosimétricos y los resultados clínicos obtenidos son alentadores.
Año de publicación:	2021	Limitaciones:	Inicialmente se habían elegido 41 pacientes para este estudio, de las cuales una se retiró luego de 12 fracciones de EBRT y 2 no alcanzaron las restricciones estrictas definidas de HRCTV D90, vejiga 2 cm ³ y recto 2 cm ³ en la primera fracción planificada de la radioterapia externa; por lo tanto, el tratamiento se consideró inviable. Debido a esto se presentan únicamente los resultados de 38 pacientes.
País:	India	Recomendaciones:	No reportadas.
Enlace o link:	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036030162100732X		

Estudio 3

Título:	Planificación interactiva del tratamiento de braquiterapia de alta tasa de dosis para cáncer ginecológico.	Instrumentos/técnicas/procedimientos realizados:	Se planteó un problema de optimización con el objetivo de reducir la cantidad de radiación recibida en los órganos sanos y dar la suficiente radiación al tumor. Se desarrolló una interfaz de usuario que permite al usuario ajustar los pesos de los órganos. Con un simple clic del mouse, el problema de optimización se resuelve en segundos con un método de dirección alternada de multiplicadores altamente eficiente y una estrategia de optimización de inicio en caliente. Los D2cc clínicamente relevantes resultantes de los órganos se muestran inmediatamente. Esto permite al usuario ajustar intuitivamente los planes con una calidad satisfactoria.
Fuente donde aparece publicado:	Mathews Open Access Journals, Research Gate, Semantic Scholar, Google Scholar	Resultados:	Los resultados del plan de optimización y el plan clínicamente aprobado para el "paciente A" se puede ver que las dosis al sigmoide, recto e intestino delgado en el plan de optimización mejoran mucho, mientras que la dosis a la vejiga es ligeramente superior, con valores D90 idénticos para el control de volumen tumoral (CTV). Se puede ver que los valores del Histograma dosis-volumen (DVH) comienzan a disminuir más rápido utilizando el plan de optimización. Los resultados del plan de optimización y el plan clínicamente aprobado para el "paciente B" podemos ver que todas las dosis de OAR utilizando el plan de optimización son menores que las del plan clínicamente aprobado.
Autores:	Liu, Huan; Ma, Chang M; Jia, Xun; Shen, Chenyang; Klages, Peter; Albuquerque, Kevin	Conclusiones:	Las técnicas empleadas en este estudio tienen el alcance para facilitar la aplicación de la braquiterapia (BT) y hacerla más aceptada por los pacientes, adicionalmente representan un uso más eficiente y ahorativo de los recursos, sin comprometer el control de la enfermedad ni aumentar los efectos secundarios. La braquiterapia guiada por resonancia magnética con una aplicación única fraccionada resultó factible en el 95 % de los casos, los datos dosimétricos y los resultados clínicos obtenidos son alentadores.
Año de publicación:	2021	Limitaciones:	A pesar de que los ajustes realizados con las herramientas interactivas simples dentro del sistema de planificación del tratamiento con tiempos inferiores a 10 minutos, esto no aseguraba que los planes resultantes fueran óptimos. Por ende, habría que ajustar nuevamente los datos hasta conseguir una planificación óptima.
País:	Estados Unidos de América	Recomendaciones:	Para lograr una velocidad de optimización más rápida, se puede emplear la computación paralela. La computación paralela acelera el procesamiento al dividir tareas complejas en partes más pequeñas que se ejecutan simultáneamente en los múltiples núcleos o hilos de una computadora.
Enlace o link:	https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.05081		

Estudio 4

Titulo:	Braquiterapia 3D guiada por la imagen.	Instrumentos/técnicas/procedimientos realizados:	La braquiterapia vaginal profiláctica postoperatoria (BTV) es el principal tratamiento para el cáncer de endometrio postoperatorio. La planificación de la radioterapia postoperatoria se basa mayormente en imágenes 3D de tomografía computarizada (TC), para definir áreas de tratamiento y dosis. En el software de planificación, se identifican los órganos a riesgo (OAR), el volumen tumoral y la simulación de la fuente. En cuanto al cáncer de vulva se utiliza la técnica de imagen de TC para la planificación, identificando los catéteres implantados, se procede a dibujar los contornos de los órganos a riesgo y del tumor visible o del volumen clínico en casos de cirugía previa, utilizando información clínica en el quirófano y las marcas fiduciales si las hay. Para el cáncer de cérvix, en caso de no contar con la resonancia magnética (RM), se emplea la técnica helicoidal de la TC, con cortes axiales y un espaciado de corte de 1,5-2,5 mm, para lograr una visualización óptima. Por otro lado, la ecografía transvaginal se utiliza para evaluar la respuesta de la radioterapia externa antes de la braquiterapia, mientras que la ecografía abdominal, gracias a su amplio campo de visión permite planificar el tratamiento al visualizar el útero y el aplicador en su totalidad. Para el cáncer de vagina la RM permite la visualización de la lesión tumoral, específicamente en la secuencia T2, integrando marcas fiduciales que permiten con mayor facilidad los límites de la lesión. En el caso del cáncer de endometrio inoperable se utiliza como técnica de imagen la RM debido a la información sobre la morfología que esta ofrece, como el tamaño del útero. La secuencia de adquisición utilizada para este tipo de cáncer es la secuencia T2, en los planos axial, sagital y coronal. Para el cáncer de cérvix se utiliza de igual forma la resonancia magnética, la adquisición en la cual se obtienen las imágenes es en secuencia T2, la cual es utilizada para obtener imágenes detalladas de los tejidos, siendo esta secuencia la más adecuada tanto para la delimitación precisa de las estructuras como para la reconstrucción. Las imágenes resultantes se presentan en planos paraxiales, parasagittales y paracorales, en relación con el aplicador utilizado.
Fuente donde aparece publicado:	Sociedad Española de Oncología Radioterápica (SEOR)	Resultados:	Para la braquiterapia se utilizan diversas técnicas de imagen. La resonancia magnética se considera la técnica de preferencia debido a su alta precisión en la visualización del tumor y los tejidos circundantes. Sin embargo, dependiendo de las circunstancias se pueden utilizar diversas técnicas de imagen, ya sea la tomografía computarizada o la resonancia magnética. También se aconseja la utilización de las tecnologías de imagen combinadas, agrupando las fortalezas de la tomografía computarizada y la resonancia magnética, obteniendo así información más precisa.
Autores:	Rovirosa, Ángels; Samper, Pilar; Villafranca, Elena	Conclusiones:	La resonancia magnética se considera la técnica de imagen más precisa para la braquiterapia, ya que proporciona información detallada sobre la extensión del tumor, sus patrones de crecimiento y su ubicación tridimensional, tanto para el diagnóstico inicial como para la evaluación de la respuesta al tratamiento y la planificación de la braquiterapia. Sin embargo, en comparación con la RM, la tomografía computarizada es más accesible y, por lo tanto, es frecuentemente más utilizada en la planificación de la braquiterapia. por otra parte, la incorporación de la ecografía, durante la inserción del aplicador y en la planificación del tratamiento, ha demostrado ser una alternativa valiosa en países con recursos limitados.
Año de publicación:	2022	Limitaciones:	No Reportadas.

Pais:	España	Recomendaciones:	Se recomienda el uso de la resonancia magnética para elegir el aplicador adecuado según la extensión tumoral. Otra recomendación es la adquisición de imágenes en resonancia magnética en un ángulo perpendicular ya sea en orientación con relación al aplicador o en relación con la vagina. por último, se recomienda la fusión de las técnicas de imagen de resonancia magnética y la tomografía computarizada.
Enlace o link:	https://seor.es/wp-content/uploads/2023/01/AAFF_Braquiterapia_li_bro.pdf		

Estudio 5

Título:	Braquiterapia adaptativa guiada por resonancia magnética para el cáncer cervical localmente avanzado: Experiencia del Hospital Carlos Van Buren	Instrumentos/técnicas/procedimientos realizados:	El estudio se llevó a cabo con la participación de 34 pacientes diagnosticadas con cáncer cervical localmente avanzado, las cuales fueron tratadas con radioquimioterapia concomitante, seguida de braquiterapia adaptativa guiada por resonancia magnética (BTAGI), entre mayo de 2019 y marzo de 2020. La braquiterapia de alta tasa de dosis se aplicó utilizando la técnica de "remote afterloading". Para la planificación del tratamiento se empleó el sistema BrachyVision (versión 13.6).
Fuente donde aparece publicado:	Google Scholar, SciElo Chile, Dialnet, Research Gate	Resultados:	Se observó la disminución del tamaño tumoral entre el momento del diagnóstico, hasta la realización de la braquiterapia (BT) en un grupo de 34 pacientes, de las cuales 24 fueron tratadas con 3 sesiones de BT. En todos los casos se alcanzaron dosis equivalentes superiores a 80 Gy. En 12 pacientes se visualizó una reducción tumoral mayor del 70 % y solo una paciente experimentó toxicidad gastrointestinal de grado 3 o superior.
Autores:	Solis, J A; Olivares, J; Tudela, B; Veillon, G; Perrot, I; Lazcano, G	Conclusiones:	El tratamiento de preferencia para el cáncer cervical localmente avanzado es la combinación de la radioquimioterapia concomitante con la braquiterapia adaptativa guiada por resonancia magnética. Esta técnica de imagen es clave, ya que permite una visualización precisa del tumor desde distintos ángulos, facilitando así una planificación más específica del tratamiento. En el Hospital Carlos Van Buren se logró implementar exitosamente el protocolo de BTAGI, cumpliendo con los estándares clínicos internacionales y demostrando que es viable dentro de un contexto hospitalario público.
Año de publicación:	2020	Limitaciones:	No se logra definir una relación directa entre la dosis equivalente y la reducción tumoral debido a la falta de suficiente muestra estadística.
Pais:	Chile	Recomendaciones:	Los autores señalan que la braquiterapia guiada por resonancia magnética puede ser aplicable en hospitales del sistema público, permitiendo evaluar con precisión la disminución del tumor.
Enlace o link:	http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75262020000600604		

Nota: Elaboración propia.

Los cinco estudios analizados se centran en la braquiterapia guiada por imágenes como técnica avanzada para el tratamiento de diversos tipos de cáncer, principalmente ginecológico (cáncer de cuello uterino, cervical, de vagina, vulva y endometrio). Las

investigaciones, publicadas entre 2020 y 2025 en países como Chile, Venezuela, India, España y Estados Unidos, destacan el uso de tecnologías como la planificación 3D, la braquiterapia de alta tasa de dosis de aplicación única multifraccionada, la braquiterapia adaptativa y la planificación interactiva. Se emplean diferentes modalidades de imagen, incluyendo resonancia magnética (RM), tomografía computarizada (TC) y ultrasonido, para optimizar la precisión y la visualización. En general, los resultados sugieren que estas técnicas son efectivas y facilitan una aplicación más precisa y segura del tratamiento, mejorando los resultados clínicos para los pacientes.

Tabla 3.

Tabla de análisis de datos.

Tabla de análisis de datos

#	Título del estudio	Tipo de cáncer ginecológico tratado	Tecnologías de aplicación de braquiterapia de alta tasa de dosis	Criterios de validación	Técnica de imagen de planificación	Criterios de validación
1	Braquiterapia guiada por imágenes con planificación 3D en cáncer de cuello uterino	Carcinoma de cuello uterino	Braquiterapia guiada por imágenes con planificación 3D (BTGI3D) y técnica adaptativa	<p>Cifras SG: 77,1 % Cifras de SCE: 78,8 %</p> <p>Se encontró una mejoría en la sobrevida en las pacientes tratadas con BTGI3D comparada con BT convencional.</p> <p>Cuando se comenzó a tratar a las pacientes con BTGI3D se mantuvo el mismo esquema de BT de ATD de 4 implantes, sin embargo, debido al elevado número de pacientes atendidos se tuvo que modificar este sistema y practicar 2 implantes con una dosis de 9 a 10 Gy con una semana de intervalo. En la actualidad no se conoce con certeza cual es el número óptimo de procedimientos de BT en cáncer del cuello uterino.</p> <p>Las complicaciones agudas por la BT fueron leves, en la mayoría de los casos disuria relacionada con la colocación de la sonda vesical.</p>	Tomografía Computarizada	Se ha demostrado que en el trazado de los contornos la TC al igual que la RM son métodos adecuados para la determinación de los OAR. Sin embargo, en cuanto a la delimitación de los volúmenes blanco la TC puede sobrestimar la dimensión transversal del tumor y por tanto el volumen tratado comparado con la RM.
2	Braquiterapia de alta tasa de dosis de aplicación única multifracionada guiada por imágenes para el cáncer de cuello uterino: resultados clínicos y dosimétricos	Cáncer Cervical	Braquiterapia multifracionada de aplicación única	<p>El control local del tumor a los 2 años fue del 90,1 %</p> <p>Cifras SLE: 85 % Cifras SG: 94,5 % La dosis acumulada para el D90 DEL HRCTV FUE DE 87, 2 Gy (\pm 3,5 Gy)</p> <p>Previo a la segunda y tercera fracción de Braquiterapia 6 de 38 pacientes, requirieron reoptimización para reducir las dosis de los órganos en riesgo.</p>	Resonancia Magnética y Tomografía Computarizada	<p>La RM fue utilizada para la planificación inicial de la BT, porque ofrece mayor precisión en la delimitación de los volúmenes clínicos de alto riesgo (CTVHR). En cuanto a la TC esta permite realizar la reoptimización para optimizar las dosis de OAR entre fracciones.</p> <p>Se utilizó un método de alineación entre las imágenes de TC y RM con ayuda del aplicador y se logró una precisión de 1mm.</p>
3	Planificación interactiva del tratamiento en braquiterapia de alta tasa de dosis para cáncer ginecológico	Cáncer de cuello uterino	Braquiterapia guiada por imágenes	<p>D2cc: se logró optimizar en promedio un 5 % menos que en el plan clínico.</p> <p>DVH: los valores disminuyen más rápido que en el plan clínico.</p>	Interfaz de optimización Interactiva (IOI) BrachyVision DICOM RT	Con la utilización en conjunto de la Interfaz de optimización Interactiva (IOI), se logró realizar un plan de optimización adecuado para ambos

				D90: los valores son casi idénticos para el plan clínico y el plan de optimización.	(Resonancia Magnética)	pacientes, comparándolos con el plan clínicamente aprobado; se obtuvo un D2cc menor de los órganos a riesgo (OAR), además de mantener en valores casi idénticos el DHV.
4	Braquiterapia 3D guiada por imágenes	Cáncer de endometrio Cáncer de cérvix Cáncer de vagina Cáncer de vulva	Braquiterapia 3D guiada por imágenes	<p>Indicadores de grado de cobertura D2cc: dosis recibidas en 2 centímetros cúbicos, midiendo la dosis recibida en los órganos en riesgo. D90: 90% del volumen de interés.</p> <p>En el cáncer de endometrio, los resultados de tratamientos con baja y alta tasa de dosis son similares, con una supervivencia global a 5 años del 41-73 % y una supervivencia específica de la enfermedad del 64-88 %. De manera general, las tasas de supervivencia observadas para los distintos estadios del cáncer son las siguientes: 86 % para el estadio IA, 68 % para el IB, 60 % para el II, 44 % para el III y 14 % para el IVA.</p> <p>Para el cáncer de vulva la probabilidad de supervivencia general se sitúa alrededor del 46 %, pero este porcentaje cambia significativamente, oscilando entre un 19 % y un 94 %, según la etapa en la que se encuentre el tumor. La supervivencia global a 5 años según el estadio es: 90,45 % en el estadio I, 77 % en el estadio II, 51,3 en el estadio III, 18 % en el estadio IV.</p>	Resonancia Magnética y Tomografía Computarizada	<p>Se indica la utilización de TC para el cáncer de endometrio postoperatorio, la cual se utiliza para definir las áreas del tratamiento y calcular la dosis de radiación. De igual manera, para el cáncer de vulva, se sugiere la utilización de la TC para el contorno de los órganos a riesgo, volumen tumoral macroscópico o volumen tumoral clínico en caso la realización de una cirugía previa.</p> <p>En cuanto a la RM para la planificación de la braquiterapia, es la técnica de imagen recomendada tanto para cáncer de endometrio inoperable como también para el cáncer de cérvix, debido a la visualización de tejidos que esta presenta. Con esta técnica de imagen se define la extensión tumoral y los órganos a riesgo, también permite ver la morfología y tamaño del útero además de definir los límites entre el final del cérvix y el inicio del endometrio. Por su parte, en el cáncer de vagina también se sugiere la utilización de la RM debido a su capacidad de delimitar los órganos a riesgo y el volumen tumoral. Además, debido a los posibles cambios en los hallazgos durante las exploraciones, producto de deformaciones causadas por el aplicador se implementa la</p>

						utilización de marcas fiduciales para definir los límites de la lesión. A pesar de los beneficios de la RM, no es considerada la técnica estándar para la planificación del cáncer de endometrio postoperatorio, por su poco uso en las instalaciones.
5	Braquiterapia adaptativa guiada por resonancia magnética para el cáncer cervical localmente avanzado: Experiencia del Hospital Carlos Van Buren	Cáncer cervical	Braquiterapia adaptativa guiada por imágenes	Se logró una reducción tumoral en las 34 pacientes. 12 pacientes presentaron disminución tumoral mayor del 70 % Una cantidad mínima de pacientes presentaron toxicidad aguda gastrointestinal y/o genitourinaria en días siguientes a la culminación del tratamiento y solo una de ellas fue de gravedad alta. La dosis no se puede aumentar demasiado en áreas donde existan restos de tumor, debido al daño que se le puede ocasionar a los órganos cercanos en riesgo.	Resonancia Magnética y Tomografía Computarizada	La RM permite observar de manera clara el tumor cervical, por lo tanto, esta técnica es importante para definir el volumen tumoral.

Nota: Elaboración propia.

Papel de la imagenología dentro del procedimiento de la braquiterapia de alta tasa de dosis (en esta parte se anotarán las partes del procedimiento dónde y cómo se involucra la imagenología, en base a lo descrito en los estudios):

Estudio 1: en el estudio 1, las tecnologías de imagen en la braquiterapia útero vaginal, entran en acción durante el implante de la fuente de radiación por medio de ultrasonido transabdominal (UST) y posteriormente para la delimitación de los volúmenes blanco y de los órganos de riesgo (OAR) en un estudio con tomografía computarizada (TC).

Se coloca el tándem intrauterino y se insertan los aplicadores vaginales con la guía de un UST. Luego se emplea nuevamente para verificar la posición del tándem en la cavidad uterino, en caso de que se haya desplazado. Luego se realiza una TC para comprobar la

posición correcta del aplicador. Estas imágenes se transfieren al sistema de planificación de tratamiento donde se trazan los contornos de los volúmenes blancos (CTV HR) que incluye todo el cuello uterino, y el volumen macroscópico residual en el momento de la BT (GTV-B) que incluye el tumor residual después de la radioterapia externa o quimioterapia, y por último el CTV IR (clinical tumor volumen immediate risk) que incluye el CTV HR con un margen de seguridad de 10 mm.

Estudio 2: en el estudio 2, las técnicas de imagen utilizadas fueron pieza clave en distintas etapas del tratamiento, inicialmente se les realizó a los pacientes una resonancia magnética (RM) para definir el CTVHR y los OAR, posteriormente para las siguientes aplicaciones de braquiterapia se realizaron imágenes de tomografía computarizada (TC) para identificar el posible movimiento de estructuras anatómicas o del aplicador. Las imágenes de TC fueron comparadas con la imagen inicial de la RM utilizando como punto de referencia al aplicador, con esto se logró una precisión de 1mm. Esta comparación o alineación de las imágenes permitió la proyección de los OAR en la TC sobre la RM y se requirió reajustar el tratamiento únicamente en 6 de los 38 pacientes.

Estudio 3: en el estudio 3 se realizó un plan de optimización mediante la interfaz de optimización interactiva (IOI). Una vez terminado mediante la herramienta DICOMRT se transfiere los datos a una herramienta para la planificación de braquiterapia llamada BrachyVSION, este utiliza imágenes 3D para el desarrollo del plan; el cual utilizó las imágenes de Resonancia Magnética previamente realizadas que fueron utilizadas para el plan clínico aprobado y así poder comparar los resultados obtenidos con IOI.

Estudio 4: en el estudio 4 se recomienda la utilización de la tomografía computarizada para el de cáncer de endometrio postoperatorio. Esta técnica de imagen es utilizada para la planificación de dosis de las áreas a tratar y también para la simulación de las fuentes de

radiación, facilitando la reconstrucción del implante en el planificador. Luego, en el software de planificación se contornean los órganos a riesgo y el volumen de tratamiento clínico (CTV). En el caso del cáncer de vulva también se orienta a utilizar la tomografía computarizada para la realización de la braquiterapia, la técnica empleada para la braquiterapia consiste en un implante intersticial utilizando agujas o tubos plásticos. Primeramente, se marca la piel en el área a tratar y la trayectoria de las agujas, pudiendo colocarse marcas fiduciales para facilitar el contorno de los volúmenes en la planeación con tomografía computarizada. Se insertan las agujas paralelas siguiendo el sistema de París luego reemplazadas por catéteres de plásticos fijados a la piel. Opcionalmente, se usa un cilindro vaginal para complementar la dosis o proteger la mucosa vaginal. Previo a la realización de la planificación con la técnica de imagen mencionada, se colocan fuentes simuladas para realizar los cortes con el mínimo espesor posible alrededor de 2-3 mm con el fin de una mayor precisión a la hora de colocar las fuentes simuladas.

La utilización de las técnicas imagenológicas durante la braquiterapia de cáncer de endometrio inoperable comienza al realizar una tomografía computarizada (TC) antes de la resonancia magnética (RM) para tener la certeza de colocar el implante en la posición correcta, además de utilizar la resonancia magnética para ver la extensión tumoral macroscópica (GTV) y los órganos a riesgo (OAR). En cuanto a las técnicas imagenológicas durante la braquiterapia de cáncer de cérvix empiezan su integración midiendo la extensión tumoral macroscópica (GTV) y órganos a riesgo mediante una resonancia magnética antes de la inserción del aplicador. Una vez colocado el aplicador de manera cuidadosa en la posición correcta dentro de la paciente, se realiza una resonancia magnética para su reconstrucción y nuevamente se realiza una medición de la extensión tumoral macroscópica (GTV), en esta imagen también se puede observar el tumor, órganos a riesgo y cualquier

necesidad que requiera el oncólogo radiólogo. Cabe mencionar que antes de la realización de la braquiterapia se recomienda una adquisición de imagen de resonancia magnética para escoger el aplicador adecuado para la paciente. En el cáncer de vagina, las técnicas imagenológicas durante la braquiterapia comienzan a integrarse midiendo la extensión tumoral macroscópica (CTV) y órganos a riesgo mediante una Resonancia Magnética antes de la inserción del aplicador. Para este tratamiento se integran marcas fiduciales en la imagen de resonancia magnética para delimitar con más precisión la lesión, debido a posibles deformaciones en la exploración provocadas por el aplicador.

Estudio 5: en el tratamiento de la braquiterapia de alta tasa de dosis para el cáncer cervical localmente avanzado, la imagenología juega un rol importante desde la introducción de la resonancia magnética (RM) previa al tratamiento para evaluar el tumor y los órganos en riesgo.

Antes de administrarle radiación a los pacientes con el tratamiento de braquiterapia se les realizó a cada uno de ellos una RM en secuencias T2 para observar la extensión del tumor y su relación con las regiones cercanas que se encuentran en buen estado, esta evaluación es importante para determinar el volumen clínico a tratar y para estructurar un plan de cómo será la colocación del aplicador. En la primera sesión de Braquiterapia se llevó a cabo una tomografía computarizada con el fin de evaluar la adecuada colocación del aplicador o tándem, además se realizó una RM adicional para evaluar la existencia de pequeños porcentajes de células cancerosas con el aplicador ya colocado. Los volúmenes objetivos CTV-HR (High risk clinical target volume) que es el área propensa a la reaparición de cáncer, porque aún existe tumor visible, es decir el cuello uterino y el CTV-IR (Intermediate risk clinical target volume) que es el área donde puede existir un tumor no

visible, fueron identificados en la primera aplicación de braquiterapia y en el diagnóstico respectivamente.

Técnica imagenológica utilizada con mayor frecuencia en braquiterapia de alta tasa de dosis para cáncer ginecológico (en esta parte se anotarán las tecnologías utilizadas en los estudios y los motivos, para luego identificar la que se utilizó con mayor frecuencia).

Estudio 1: se utilizó la TC ya que no disponían de equipos de RM en la institución hospitalaria. Para el trazado de los contornos la TC al igual que la RM son métodos adecuados para la determinación de los OAR (órganos a riesgo), sin embargo, la delimitación de los volúmenes blanco en la TC puede sobrestimar la dimensión transversal del tumor y por tanto el volumen tratado en comparación con la RM. Por lo que, posteriormente, al adquirir una unidad de RM han comenzado a utilizar esta modalidad de imagen para la planificación de la BT.

Estudio 2: se utilizaron 2 técnicas imagenológicas la RM y la TC. La RM fue útil para la planificación inicial de la primera fracción debido a su alta resolución de tejidos blandos, por otro lado, la TC se utilizó en las fracciones posteriores para verificar la posición del aplicador y evaluar posibles desplazamientos anatómicos, mediante el registro rígido de imágenes con la RM inicial.

Estudio 3: la técnica de imagen utilizada fue la resonancia magnética, debido a su precisión anatómica y contraste de los tejidos blandos. Se realizó la planificación de la braquiterapia con BrachyVision, el cual utilizó la imagen de resonancia magnética para realizar la planificación de la braquiterapia, también es compatible con las distintas técnicas de imagen. Para el tratamiento de cánceres ginecológicos la técnica de imagen utilizada por

elección es la resonancia magnética, debido a su precisión anatómica, su imagen de alta resolución y contraste de tejados blandos.

Estudio 4: en el estudio 4 se insta el uso de tomografía computarizada para el cáncer de endometrio postoperatorio. Con las imágenes proporcionadas por esta técnica de imagen, se contornean los órganos a riesgo, el volumen clínico tumoral y se realiza la dosimetría del tratamiento. También se realiza la reconstrucción del implante mediante fuentes simuladas. En el cáncer de vulva antes del procedimiento se realiza una simulación del tratamiento con fuentes simuladas, y se sugiere el uso de la Tomografía Computarizada para la planificación, la delimitación de los órganos a riesgo (OAR), el volumen tumoral macroscópico (GTV) o el volumen de tratamiento clínico (CTV) en caso de haber una cirugía previa.

La resonancia magnética (RM) es la técnica de elección tanto para el cáncer de endometrio inoperable, el cáncer de cérvix y el cáncer de vagina, debido a su precisión en la detección de variaciones en los tejidos, siendo de gran importancia en la delimitación de los órganos a riesgo (OAR) y la extensión tumoral. En cuanto a el cáncer de vagina, primeramente, se realiza un topograma de la vagina para tener una referencia visual sobre la extensión del tumor y los límites de este. Si bien, para el uso de la resonancia magnética, los marcadores convencionales de radiología no son compatibles, por ello no se permite la visualización de la trayectoria de la fuente radiactiva. Para esto se ha desarrollado marcadores específicos para la resonancia magnética, los marcadores son catéteres que contienen diversos materiales, lo cuales se insertan en los canales de los aplicadores plásticos, permitiendo la visibilidad necesaria de la trayectoria de la fuente. En cuanto al cáncer de vagina la deformación del aplicador puede cambiar lo que se ve en la exploración, por lo que

se utilizan marcas fiduciales visibles en la resonancia magnética para ayudar a delimitar la lesión.

Estudio 5: se utilizó la RM ya que se considera la técnica de imagen esencial para determinar el volumen tumoral en el cáncer cervical localmente avanzado, esta proporciona una imagen detallada del tumor en diversos planos lo que permite establecer con mayor claridad y precisión los volúmenes objetivos para planificar adecuadamente el tratamiento de la braquiterapia adaptativa guiada por imágenes.

4.2. Discusión de los resultados

4.2.1. Nuevas tecnologías de aplicación de braquiterapia de alta tasa de dosis

La braquiterapia es un tratamiento que se utiliza para erradicar tumores en cualquier parte del cuerpo y se suele utilizar en conjunto con otras técnicas como la radioterapia externa, quimioterapia o cirugía, o inclusive se puede utilizar como tratamiento paliativo. Con el paso del tiempo se han introducido nuevas técnicas para potenciar el tratamiento, como la braquiterapia guiada por imagen 3D, donde se incorporan las tecnologías de imagen para guiar la colocación de los aplicadores (Rovirosa et al., 2022). Esta técnica fue utilizada en la mayoría de los estudios consultados, pero cada uno con ligeras variaciones.

En el caso del estudio 1, se utilizó la braquiterapia guiada por imágenes con planificación 3D (BTGI3D) y técnica adaptativa con volúmenes blanco modificados por la respuesta del tumor al tratamiento. Los autores señalaban que diversos estudios reportaron una mejoría en la supervivencia en las pacientes tratadas con BTGI3D comparada con BT (braquiterapia) convencional. Además, mencionaron que a pesar de la crisis de salud que

enfrentan en Venezuela, se hizo posible la aplicación de esta técnica, con ligeras adaptaciones como pasar de un régimen de 4 implantes úterovaginales de 7 Gy a 2 implantes con una dosis de 9 a 10 Gy, con una semana de intervalo, esto debido al elevado número de pacientes atendidos.

En este estudio al igual que en el estudio 5 se menciona la utilización de la braquiterapia 3D. Esta es una técnica sencilla que brinda resultados alentadores a los pacientes, sus imágenes se basan en la tomografía computarizada y/o resonancia magnética. En la braquiterapia 3D las dosis se prescriben a volúmenes, en lugar de utilizar puntos de referencias (ONCOSERVICE, s.f.).

Algunos de los conceptos empleados en este estudio a modo de criterios de validación son la sobrevida global (SG), sobrevida causa específica (SCE) y toxicidades agudas y crónicas. El diccionario médico de la Clínica Universidad de Navarra (2023) indica que estos son conocidos como indicadores de los resultados clínicos y de la eficacia de las intervenciones médicas y que la SG representa el porcentaje de pacientes vivos cinco años después del inicio del tratamiento. La SCE o supervivencia por causa específica brinda información sobre la causa de muerte, ya que en esta medida no se incluyen los pacientes que mueren por otras causas no relacionadas con la enfermedad (NIH Instituto Nacional del cáncer, s.f.). Se reportaron cifras de SG de 77,1 % y SCE de 78,8 %, las cuales representan cifras alentadoras. Las complicaciones agudas por la braquiterapia son descritas como leves, en la mayoría de los casos, disuria.

Para el estudio 2 se utilizó igualmente la braquiterapia de alta tasa de dosis guiada por imágenes, pero con la utilización de la tecnología de aplicación única multifraccionada, la cual es definida por Chopra et al. (2022), como una modalidad del tratamiento de

braquiterapia en la que la dosis total de radiación se entrega en corta duración de tiempo y en varias sesiones sin necesidad de retirar el aplicador de la paciente. En este estudio fue administrada la braquiterapia de aplicación única multifraccionada como un complemento de la radioterapia externa, la duración del tratamiento de braquiterapia fue de 48 horas, divididas en 3 sesiones o fracciones (una fracción de 9 Gy el día 1 y 2 fracciones de 7 Gy con un espacio de tiempo entre ambas de al menos 6 horas el día 2), para cumplir este objetivo las pacientes permanecieron una noche en el centro hospitalario, el resultado fue alentador con una respuesta positiva en el 95 % de las pacientes.

De acuerdo con los autores, los resultados indican que la braquiterapia de alta tasa de dosis guiada por imágenes dividida en sesiones sin retirar el aplicador entre ellas, es viable en centros médicos que puedan administrar dosis mayores a 85Gy al volumen objetivo clínico de alto riesgo (HRCTV) porque es aquí donde puede volver a surgir la aparición del cáncer según Bandyopadhyay et al. (2021), es por ello que se necesitan estas dosis mayores para desaparecer por completo el tumor. Además, se encontró que, si el tiempo total del tratamiento supera las 7 semanas (es decir se extiende a una octava semana el tratamiento) se necesitará una dosis adicional de 5Gy al 90 % del HRCTV, para mantener la eficacia del tratamiento.

Por otro lado, los criterios de validación en este estudio 2 coinciden con algunos de los empleados en el estudio 1. Mencionan que la supervivencia libre de enfermedad (SLE), que se puede definir como el tiempo en el que un paciente sobrevive sin signos de enfermedad posterior al tratamiento (Fundación Instituto Roche, s.f.), fue de un 85 %. De igual manera indican que la supervivencia global (SG) fue de un 94,5 %. Lo cual es positivo ya que representa una supervivencia posterior al tratamiento de la gran mayoría de los pacientes, las cifras de SG del estudio 2 resultaron superiores a las cifras demostradas por el estudio 1,

ambos estudios incluyeron pacientes con estadios que presentan un mayor avance del cáncer, sin embargo, las dosis administradas en el estudio 2 fueron superiores en comparación a las del estudio 1, estas variaciones pudieron haber influido en las cifras de SG.

En el estudio 3, la planificación en la braquiterapia guiada por imágenes se realiza utilizando una interfaz de optimización interactiva (IOI). El cual permite al usuario modificar los parámetros del tratamiento mediante una herramienta gráfica, que emplea algoritmos de optimización y controles interactivos, asegurando que el tumor reciba la dosis adecuada y minimizar la exposición de los órganos a riesgo. Una vez se obtuvo un plan satisfactorio con la interfaz de optimización interactiva (IOI) se compara con los valores del plan clínicamente aprobado, transfiriendo los datos obtenidos a BrachyVision mediante datos DICOM RT. Según Law et al. (2009) DICOM RT es un standard que facilita la integración e intercambio eficiente de datos entre distintos equipos y sistemas de radioterapia, optimizando el flujo de trabajo. También permite el uso de imágenes diagnósticas DICOM en los procesos de radioterapia. Por otro lado, BrachyVision es un *software* de planificación utilizado para los tratamientos de Braquiterapia HDR y la Braquiterapia de Baja Tasa de Dosis (LDR), empleando imágenes de TC y RM para una planificación precisa. BrachyVision ha evolucionado continuamente desde sus inicios, consolidándose como un sistema de planificación versátil con una amplia trayectoria (Sandwall et al., 2018).

En el estudio 4 se aplicó la braquiterapia guiada por imágenes, donde las técnicas de imagen recomendadas fueron la Tomografía Computarizada (TC) y la Resonancia Magnética (RM). Para el cáncer de endometrio postoperatorio, se aconseja la utilización de la braquiterapia guiada por imágenes con el uso de la TC. Los autores señalan diferentes

esquemas de dosis propuesto por distintos para braquiterapia exclusiva (4-5 Gy en 6 fracciones, 4-5 Gy en 4 fracciones, 6 Gy en 3 fracciones) todos mostrando resultados similares, tanto en el control local del cáncer como en las complicaciones asociadas.

Para el cáncer de vulva, se sugiere la braquiterapia guiada por imágenes de TC, similar al mencionado anteriormente. La tasa de supervivencia en este tipo de cáncer presente una gran variabilidad que va en un rango entre el 19 % y el 94 % con un promedio aproximado de 46 %. La supervivencia global a 5 años se distribuye según la etapa del cáncer en: 90,45 % en el estadio I, 77 % en el estadio II, 51,3 en el estadio III, 18 % en el estadio IV.

En cuanto al cáncer de cérvix, se recomienda el uso de la braquiterapia guiada por imágenes de RM. Tras un seguimiento promedio de 51 meses por varias organizaciones reportaron los siguientes resultados en todos los estadios: 92 % en el control local global, 87 % en el control pélvico, 87 % en el control ganglionar, 68 % en la supervivencia libre de enfermedad y 74 % en la supervivencia global.

Por otro lado, para el cáncer de vagina se implementa la braquiterapia guiada por imágenes de RM para la planificación detallada del tratamiento. Sin embargo, primero se utiliza la TC para la realización de un topograma, previo al tratamiento. Es importante destacar que no hay dosis ni fraccionamiento estándar para este tratamiento, por lo tanto, se basan en la braquiterapia de baja tasa (LDR). La Sociedad Americana de Braquiterapia (ABS) sugiere varias opciones de esquemas bastantes variados para la braquiterapia intersticial de vagina cuando se combina con radioterapia externa, ofreciendo dosis totales al volumen tumoral objetivo que oscilan entre 72,9 Gy y 81,5 Gy.

Con respecto al cáncer de endometrio inoperable, se lleva a cabo la braquiterapia guiada con planificación 3D con la técnica de imagen de resonancia magnética. En este tipo

de cáncer la supervivencia global a 5 años (41-73 %) y la supervivencia específica (64-68 %) son similares entre los tratamientos de baja y alta tasa de dosis. Las probabilidades de supervivencia varían según la etapa de la enfermedad: 86 % en estadio IA, 68 % en el estadio IB, 60 % en el estadio II, 44 % en el estadio III y 14 % en el estadio IVA.

En cuanto al estudio 5 en este se utilizó la braquiterapia adaptativa guiada por imágenes. Los autores señalan que varios estudios demostraron que el uso de la braquiterapia guiada por resonancia magnética se asoció con un aumento en la tasa de control local, la cual representa la ausencia de células cancerosas o residuos de estas en cualquier parte del cuerpo según Chopra et al. (2022), este control fue observado 3 años después en un aproximado del 71 % al 90 %, en tumores que al momento del diagnóstico eran mayores de 5 cm. y se reportó una disminución importante en las toxicidades tardías digestivas y urinarias grado 3-4. De igual manera estos estudios señalan que la braquiterapia 3D adaptada por resonancia magnética aumenta la sobrevida al 79 % y disminuye las toxicidades tardías en más del 50 %.

En este estudio al igual que en otros hacen referencia a la braquiterapia adaptativa guiada por imágenes, sin embargo, esto sería lo mismo que la braquiterapia guiada por imágenes, que es la realización del tratamiento de braquiterapia con apoyo o ayuda de técnicas imagenológicas como la TC y la RM (Bobadilla & Martínez Pérez, 2023, párr.8-13).

Para aplicar la braquiterapia de alta tasa de dosis (HDR) en el estudio 5 se utilizó la técnica de “remote afterloading”, este es un método que puede administrar por sí solo la fuente de radiación directo al tumor, de esta manera se logran resultados positivos, tanto para el paciente como para el personal médico, ya que utilizando este método se disminuye la exposición del personal y del tejido sano cercano al tumor, el primer paso para iniciar con el

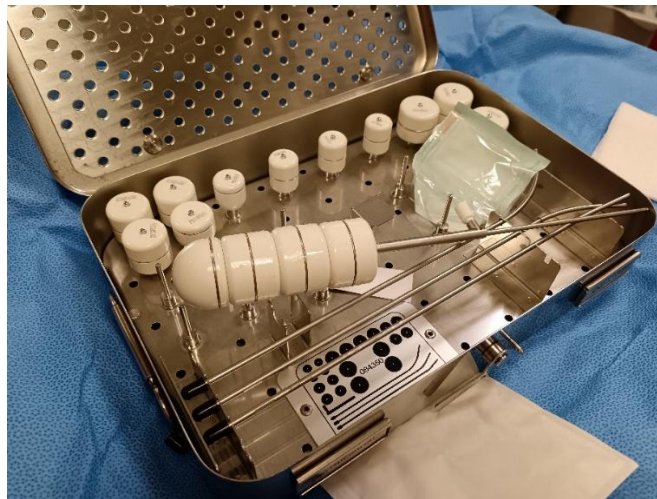
tratamiento es introducir el aplicador en el paciente, luego se utilizan unos tubos que se encuentran conectados a un equipo que contiene el material radiactivo, para entonces así administrar la radiación necesaria a cada paciente (Kadirus et al., 2023). Y para la planificación del tratamiento en este estudio al igual que en el estudio 3 se utilizó el sistema BrachyVision (versión 13.6).

4.2.2 Papel de la imagenología dentro del procedimiento de la braquiterapia de alta tasa de dosis

Los aplicadores son los dispositivos utilizados para administrar una dosis de radiación sobre el tumor. Entre los tipos de aplicadores para el tratamiento del cáncer ginecológico se encontraron las agujas intersticiales, los cilindros vaginales (ver figura 1), tándem con cilindros, con ovoides o con anillos, y aplicadores híbridos (Rayos Contra Cáncer, 2022).

Figura 1.

Cilindros vaginales



Nota: imagen de autoría propia, tomada en el Instituto Oncológico Nacional de Panamá

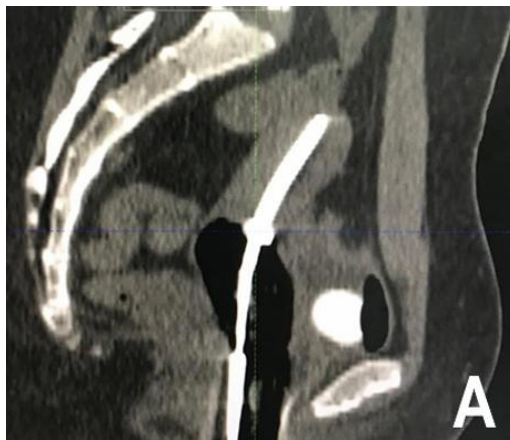
La imagenología interviene de diferentes maneras dentro del procedimiento de la braquiterapia de alta tasa de dosis. Los estudios coinciden en la utilización de ultrasonido y tomografía computarizada, para la verificación del correcto posicionamiento de los aplicadores.

Antes de seleccionar el aplicador para el tratamiento de los cánceres ginecológicos es ideal contar con una evaluación precisa de la anatomía de cada paciente a tratar, la resonancia magnética es útil para conocer si el tumor ha invadido estructuras cercanas, lo cual es clave para conocer la extensión de la enfermedad, por ello se les realiza a las pacientes una RM para elegir el aplicador adecuado para cada caso. Además, estudios complementarios como la ecografía y la histeroscopia aportan detalles morfológicos importantes sobre el tamaño y disposición del útero, toda esta información en conjunto es fundamental al momento de seleccionar el aplicador adecuado para el tratamiento.

Después de insertar el aplicador en el cuerpo de la paciente, se realiza una TC para verificar que el dispositivo se encuentre debidamente posicionado y que no existan desplazamientos de este, antes de administrarle radiación al paciente (ver figura 2). Además, la TC permite observar la proximidad del aplicador a los órganos sanos, lo cual es esencial para minimizar las dosis en estos tejidos, posteriormente estas imágenes se utilizan para planificar la distribución de dosis.

Figura 2.

Imagen de TC en corte sagital, para visualizar el correcto posicionamiento del tándem y ovoides en vagina de una paciente de 28 años con diagnóstico de cáncer cervical localmente avanzado en etapa IIIC1.



Nota: tomado de braquiterapia adaptativa guiada por resonancia magnética para el cáncer cervical localmente avanzado: Experiencia del Hospital Carlos Van Buren, por Solís et al., 2020

Por otra parte, los estudios señalan que la RM y la TC, son utilizadas para la delimitación de los volúmenes blanco, es decir, los lugares que deben recibir radiación y los órganos en riesgo como el recto, vejiga y sigmoides (ver figura 3). Algunos estudios implementan la combinación de la RM y TC, donde utilizan la RM para la planificación inicial y posteriormente aplican la TC entre sesiones del tratamiento, las imágenes de TC se alinean junto a la imagen inicial de RM para verificar si se continúa entregando la dosis de manera segura y realizar ajustes en la planificación en caso de que exista un desplazamiento. Además, se indica que la RM es utilizada para la medición de la extensión tumoral macroscópica (GTV), antes y después de la colocación del aplicador. Por su parte, las imágenes de TC pueden iniciar su rol desde la planificación del tratamiento, ayudando a definir la cantidad de dosis y su distribución, facilitando así la posterior reconstrucción del implante en el planificador.

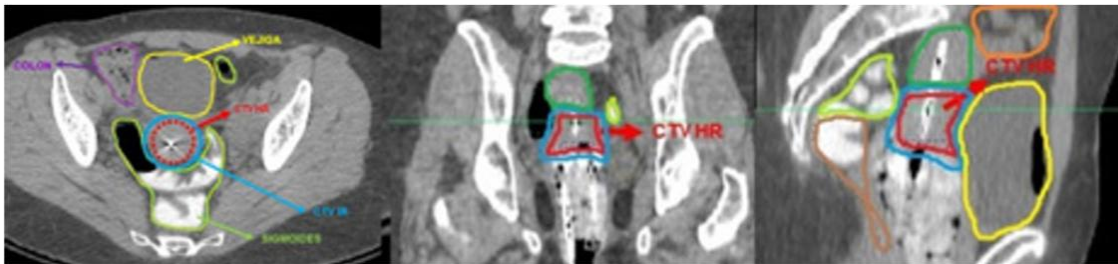
En el caso específico del cáncer de vagina, se utiliza la TC para realiza un topograma de vagina, obteniendo una orientación visual de la extensión del tumor y sus límites. Un topograma es una radiografía panorámica preliminar generado con una TC seleccionando

áreas de interés. Este permite el cálculo de la dosis de radiación, ubicar tumores y cómo evolucionan durante el tratamiento (Clínica Universidad de Navarra, 2023).

En la braquiterapia, luego de la inserción del aplicador, con un *software* se diseña un plan de tratamiento para la distribución de la dosis de radiación de acuerdo a la anatomía y las características de cada paciente, el equipo médico se encarga de delinear manualmente los volúmenes blancos en las imágenes obtenidas, con el objetivo de entregar la mayor cantidad de dosis a estas áreas, sin afectar los órganos en riesgo para minimizar la aparición de efectos adversos.

Figura 3.

Delimitación de los volúmenes blanco de BTGI3D y de los OAR en los planos axial, coronal y sagital, por medio de una tomografía computarizada



Nota: tomado de braquiterapia guiada por imagen con planificación 3D en cáncer de cuello uterino. Experiencia preliminar, por Urdaneta et al., 2024

Algunos estudios mencionan la utilización de la secuencia T2 de resonancia magnética en el proceso del tratamiento para cáncer ginecológico, la cual es útil para detectar tejidos con alto contenido de agua como los tumores, resaltándolos en la imagen de manera brillante o hiperintensos. En este contexto, es necesario recordar que la RM utiliza campos magnéticos y ondas de radio para la creación de imágenes detalladas del interior del cuerpo, las cuales son generadas por la respuesta de los núcleos de los átomos del cuerpo a los campos

magnéticos. Cuando los protones son excitados por el equipo de RM empiezan a girar de manera coordinada y con el pasar del tiempo comienzan a girar de manera descoordinada, el tiempo que demoran en perder la sincronía es considerado como relajación T2, mientras más prolongada sea esta relajación, mayor será la intensidad registrada en la imagen, y de esta forma se muestran de manera óptima los líquidos y las alteraciones (Mafraji, 2023).

Cabe señalar que uno de los estudios incorpora el uso de las marcas fiduciales en la resonancia magnética para el tratamiento del cáncer de vagina y vulva, ya que la RM no capta los marcadores radiopacos. Según Academia Lab (2025) un marcador fiducial es un objeto visible en imágenes médicas que sirve como un elemento orientado o punto de referencia. En radioterapia y radiocirugía, el uso de las marcas fiduciales asisten a localizar de manera precisa el lugar de tratamiento, estas suelen utilizarse en resonancia magnética y tomografía computarizada.

Otro aspecto relevante en la braquiterapia es la utilización de sistemas de planificación dosimétrica o *software*. En este contexto, de acuerdo con los estudios 3 y 5 el sistema BrachyVision desarrollado por Varian Medical Systems, es compatible con el registro de imágenes de TC y RM, con las cuales el equipo médico puede delimitar los volúmenes blanco y los órganos en riesgo, además de optimizar la distribución de las dosis de radiación, su uso guiado por la imagenología permite realizar el tratamiento de una manera segura y precisa para cada paciente, aumentando la eficacia de la braquiterapia y disminuyendo la afectación de órganos sanos.

4.2.3 Técnica imagenológica utilizada con mayor frecuencia en braquiterapia de alta tasa de dosis para cáncer ginecológico

La técnica imagenológica de preferencia para la delimitación de los volúmenes blanco (CTV y GTV) y de los órganos de riesgo sería la (RM). Para esta planificación también se utiliza la tomografía computarizada, sin embargo, se expondrá a continuación, las razones por las que se prefiere el uso de RM.

En el estudio 1, aplicaron el uso de tomografía computarizada por no tener a disposición un equipo de RM, y mencionaron que el para el trazado de los contornos la TC al igual que la RM son métodos adecuados para la determinación de los OAR (órganos a riesgo), sin embargo, la delimitación de los volúmenes blanco en la TC puede sobrestimar la dimensión transversal del tumor y, por tanto, el volumen tratado en comparación con la RM. Por esto, una vez adquirido el equipo de RM se comenzó a utilizar para esta función.

Además, otros estudios (2 al 5) alegan su utilidad a la una mayor resolución de tejidos blandos y precisión anatómica, siendo esto de gran importancia para la delimitación de los OAR y la extensión o volumen tumoral. Concretamente, en el estudio 4, describen el empleo de las técnicas de TC y RM, según el tipo de cáncer ginecológico como lo son el cáncer de endometrio postoperatorio, cáncer de endometrio inoperable, cáncer de cérvix, cáncer de vagina y cáncer de vulva. Según sea el caso, se puede preferir una técnica u otra e incluso utilizarlas de manera combinada, como en el caso del cáncer de endometrio inoperable, donde se puede comenzar realizando un TC para tener la certeza de que se ha colocado el implante en la posición correcta y posteriormente con una RM para delimitar la extensión tumoral macroscópica (GTV) y los órganos a riesgo (OAR). De igual manera, la técnica de RM está indicada para cáncer de cérvix y cáncer de vagina, debido a su precisión en la detección de

variaciones en los tejidos, ya que al utilizar TC puede resultar complicado diferenciar el cuello del cuerpo del útero, así como distinguir el cérvix de los tejidos que lo rodean.

En el caso del cáncer de vagina, la RM permite ver el tamaño y morfología del útero, así como define los límites entre el final del cérvix y el inicio del endometrio e implementan marcas fiduciales como ayuda en la delimitación de los límites de la lesión tumoral para evitar errores de cálculo por las posibles deformaciones causadas por el aplicador. Con referencia al estudio 5, los autores relacionan la Braquiterapia guiada por RM con un aumento en la tasa de control local, la cual representa la ausencia de enfermedad residual del 71 % al 90 % a los 3 años para los tumores mayores de 5 cm en el momento del diagnóstico y se reportó una disminución importante en las toxicidades tardías digestivas y urinarias grado 3-4.

Sin embargo, a pesar de los beneficios de la utilización de RM, esta técnica posee ciertas características que limitan su uso, como lo pueden ser su limitada disponibilidad en ciertos centros médicos por lo costoso de su instalación y mantenimiento, la necesidad de personal capacitado, la adquisición y el uso de accesorios compatibles con RM como podrían ser camillas especiales, ya que se deben evitar materiales ferromagnéticos que podrían ser atraídos por el campo magnético y pueden ser peligrosos durante la RM. Entre los artículos que pueden representar un peligro durante una RM están: ciertos marcapasos cardíacos, broches vasculares colocados para prevenir el sangrado de los vasos sanguíneos, algunas bombas para medicamentos implantadas o externas, ciertos implantes cocleares, catéteres con componentes metálicos, algún tipo de fragmento metálico, entre otros.

También se menciona la técnica de ultrasonido como guía para la inserción de los aplicadores, sin embargo, esta no es una técnica funcional para la planificación como si es el caso de la TC y RM.

4.3. Desarrollo del artículo científico de esta investigación

Para facilitar la difusión de este trabajo de investigación, se ha elaborado un artículo científico al que se puede acceder por medio del siguiente código QR o código de respuesta rápida, con el que solo basta apuntar hacia el con la cámara de un celular para acceder al artículo (ver figura 4).

Figura 4.

Código QR donde se encuentra el artículo científico



De igual manera, adjuntamos el artículo completo al final de este trabajo de investigación (ver Anexo 7).

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación llevaron a la conclusión de que la imagenología forma parte fundamental, en la planificación del tratamiento de braquiterapia de alta tasa de dosis en cáncer ginecológico, como primer paso para la evaluación previa del paciente que permite conocer la extensión de la enfermedad, las características anatómicas propias del paciente, lo cual es necesario para la elección del aplicador adecuado. Posteriormente se utilizan las tecnologías de imagen para guiar la inserción del aplicador y corroborar su correcto posicionamiento. Estas imágenes también son necesarias para determinar la cantidad de dosis y la distribución de esta. Además, se requerirán para la delimitación de los volúmenes blanco como el volumen tumoral macroscópico (GTV) o el volumen de tratamiento clínico (CTV), y de los órganos a riesgo (OAR).

Con respecto a los avances en la braquiterapia de alta tasa de dosis como tratamiento para el cáncer ginecológico, se observa que con el paso del tiempo se han introducido nuevas técnicas para potenciar el tratamiento, así es como se ha desarrollado la Braquiterapia Guiada por Imagen 3D (BTGI3D). Los autores hacen referencia a otros estudios donde reportaron una mejoría en la sobrevida en las pacientes tratadas con BTGI3D comparada con la braquiterapia convencional, cuya afirmación se respalda en las cifras alentadores de SG y SLE, llegando a ser incluso mayores al 85-90 %.

Otra técnica consiste en la tecnología de aplicación única multifraccionada, en la que la dosis total de radiación se administra en varias sesiones o fracciones sin retirar el aplicador, en un periodo de tiempo corto. De acuerdo con los autores, los resultados indican que la braquiterapia guiada por imágenes de alta tasa de dosis dividida en sesiones sin retirar el

aplicador entre ellas, es viable en centros médicos que puedan administrar dosis mayores a 85G y al volumen objetivo clínico de alto riesgo (HRCTV).

La interfaz de optimización interactiva (IOI), el DICOM RT y BrachyVision forman parte de los avances tecnológicos en imagenología que aportan a la optimización del tratamiento. La interfaz de optimización interactiva (IOI) es un sistema que permite al usuario ajustar los parámetros del tratamiento. Con sus algoritmos y controles interactivos se ajustan a las prioridades de asegurar la dosis adecuada al tumor y limitar la exposición de los órganos a riesgo (OAR). Una vez se obtuvo un plan satisfactorio con la interfaz de optimización interactiva (IOI), se transfirieron a través de datos DICOM RT hacia BrachyVision, para realizar la comparación de valores en los resultados del planeamiento de la braquiterapia. BrachyVision es un *software* de planificación que utiliza las imágenes de tomografía computarizada y resonancia magnética para una planificación precisa de los tratamientos. Para determinar la eficiencia de estos sistemas, se emplean los criterios D2cc y D90. Estos criterios de validación se utilizan para comparar los resultados del plan clínicamente aprobado con el desarrollado con la interfaz de optimización interactiva (IOI). En el estudio 3 se mostró una reducción del D2cc en comparación con el plan clínicamente aprobado y en cuanto al D90, el plan desarrollado con la interfaz de optimización interactiva y el plan clínico aprobado mostraron resultados casi idénticos.

La TC al igual que la RM son métodos adecuados para la determinación de los OAR y para la delimitación de los volúmenes blanco, sin embargo, los autores resaltan la preferencia sobre la RM por ofrecer una mayor resolución de tejidos blandos y precisión anatómica. Según el tipo de cáncer ginecológico, se puede preferir una técnica u otra e incluso utilizarlas de manera combinada, como en el caso del cáncer de endometrio inoperable, donde se puede comenzar realizando un TC para tener la certeza de que se ha colocado el implante

en la posición correcta y posteriormente con una RM para delimitar la extensión tumoral macroscópica (GTV) y los órganos a riesgo (OAR). También se menciona la técnica de ultrasonido como guía para la inserción de los aplicadores, sin embargo, esta no es una técnica funcional para la planificación como sí es el caso de la TC y RM.

RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación, se recomienda a los centros oncológicos continuar implementando las técnicas de imagen de resonancia magnética y tomografía computarizada en el tratamiento de la braquiterapia de alta tasa de dosis para los diferentes tipos de cánceres ginecológicos. Resulta conveniente la adquisición de equipos de resonancia magnética, debido a que esta técnica de imagen brinda una alta resolución de los tejidos blandos y precisión anatómica, favoreciendo a la delimitación del volumen tumoral y órganos a riesgo. Esta recomendación se sustenta con la información recopilada en el capítulo 4 de esta investigación, donde se logró analizar que los centros que utilizaban la resonancia magnética para el tratamiento de la braquiterapia de alta tasa de dosis brindaban mejores resultados.

En cuanto a las tecnologías de aplicación de la braquiterapia, es recomendable realizar investigaciones acerca de la braquiterapia guiada por imágenes con planificación 3D para conocer sus beneficios en un periodo de tiempo mayor de 5 años. Esta recomendación se basa de acuerdo con la metodología establecida en el estudio “Braquiterapia guiada por imágenes con planificación 3D en cáncer de cuello uterino. Experiencia preliminar” por parte de Urdaneta et al. (2025), en donde sólo se evaluó a las pacientes durante 2 años.

Es recomendable que el personal de salud reciba capacitaciones sobre el uso de nuevas tecnologías de aplicación de la braquiterapia, como lo son la braquiterapia adaptativa guiada por imágenes, braquiterapia guiada por imágenes con planificación 3D y braquiterapia multifraccionada, para impulsar la disponibilidad del tratamiento, lo cual resultaría beneficioso para los pacientes con cáncer.

Por último, se exhorta al personal médico y técnico a tomar en cuenta las recomendaciones establecidas por los diferentes comités de consenso de braquiterapia, de organizaciones líderes como GEC-ESTRO o la Sociedad Americana de Braquiterapia, con el fin de llegar a un consenso sobre los mejores criterios o técnicas del tratamiento, asegurando así que las prácticas internas se alineen con los estándares internacionales, ya que, se observó en distintas literaturas que diversos centros hospitalarios se basan en las recomendaciones de estas entidades para llevar a cabo el procedimiento de braquiterapia, durante la realización de esta investigación, se evidenció la mención de estas organizaciones en los estudios: “Braquiterapia guiada por imágenes con planificación 3D en cáncer de cuello uterino. Experiencia preliminar” Urdaneta et al. (2025), “Braquiterapia de alta tasa de dosis de aplicación multifraccionada guiada por imágenes para el cáncer de cuello uterino: resultados clínicos y dosimétricos” Mahantshetty et al. (2021), “Braquiterapia 3D guiada por imágenes” Rovirosa et al. (2022), “Braquiterapia adaptativa guiada por resonancia magnética para el cáncer cervical localmente avanzado: Experiencia del Hospital Carlos Van Buren” Solis et al. (2020).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (RAE), D. d. (2024). *Eficacia*. Obtenido de <https://dle.rae.es/eficacia>
- Aakki Akoudad, L. (18 de Septiembre de 2024). *Braquiterapia ginecológica*. Obtenido de Top Doctors: <https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/braquiterapia-ginecologica/>
- Academia Lab. (16 de Mayo de 2025). *Academia Lab*. Obtenido de Marcador fiducial: <https://academia-lab.com/enciclopedia/marcador-fiducial/>
- Arámbula Cosío, F., Torres Robles, F., Velásquez-Rodríguez, G., Galicia Gómez, E., Escalante-Ramirez, B., Olveres, J., . . . Guzmán Huerta, M. (Octubre de 2021). *APRENDIZAJE COMPUTACIONAL PARA ANÁLISIS DE IMÁGENES DE ULTRASONIDO MÉDICO*. Obtenido de TiES Resvita de Tecnología e Innovación en Educación Superior: <https://www.ties.unam.mx/num04/pdf/num04.pdf#page=39>
- Asociacion Médica Mundial AMM. (2024). *DECLARACIÓN DE HELSINKI DE LA AMM – PRINCIPIOS ÉTICOS PARA LAS INVESTIGACIONES MÉDICAS EN SERES HUMANOS*. Obtenido de <https://www.wma.net/es/policies-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>
- Bandyopadhyay, A., Ghosh, K. A., Chhatui, B., & Das, D. (14 de Abril de 2021). *Dosimetric and clinical outcomes of CT based HR-CTV delineation for HDR intracavitary brachytherapy in carcinoma cervix — a retrospective study*. Obtenido de National Library of Medicine: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8241309/>

Bobadilla, I. A., & Martínez Pérez, D. A. (2023). BRAQUITERAPIA, UN TRATAMIENTO DE ALTA PRECISIÓN CONTRA EL CÁNCER. *Revista Momentos*, párr. 8-13.

Bonilla, A. (9 de Julio de 2014). Panamá, a la vanguardia en tratamientos contra el cáncer de próstata. *Panamá América*. Obtenido de <https://www.panamaamerica.com.pa/nacion/panama-la-vanguardia-en-tratamientos-contra-el-cancer-de-prostata>

Centro Médico ABC. (10 de Julio de 2024). *Imagenología y radiología*. Obtenido de Centro Médico ABC: <https://centromedicoabc.com/revista-digital/imagenologia-y-radiologia/>

Cerrud, A., & Nuñez, M. (2023). *Prevalencia del Cáncer Cervicouterino, Mujeres de 20 a 40 años, Instituto Oncológico Nacional, Panamá, 2019-2020*. doi:<https://doi.org/10.33412/apanac.2023.3943>

Chin, C. (4 de Septiembre de 2024). *¿Qué es la braquiterapia para los cánceres ginecológicos?* Obtenido de Nuvance Health: <https://www.nuvancehealth.org/health-tips-and-news/what-is-brachytherapy-for-gynecological-cancers>

Chopra, S., Mulani, J., Mittal, P., Singh, M., Shinde, A., Gurram, L., . . . Agarwal, J. (2 de Noviembre de 2022). *Early outcomes of abbreviated multi-fractionated brachytherapy schedule for cervix cancer during COVID-19 pandemic*. Obtenido de National Library Of Medicine : <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9626438/>

Clínica Universidad de Navarra. (2023). *Técnica de imagen digital*. Obtenido de Clínica Universidad de Navarra: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/tecnica-de-imagen-digital#:~:text=La%20t%C3%A9cnica%20de%20imagen%20digital%20en%20med>

icina%20es%20un%20avance,procesar%20y%20visualizar%20im%C3%A1genes%20m%C3%A9dicas.

Clínica Universidad de Navarra. (2023). *Topograma*. Obtenido de Clínica Universidad de Navarra: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/topograma>

Clínica Universidad de Navarra. (2023). *Tumor*. Obtenido de Clínica Universidad de Navarra: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/tumor>

Constitución Política de la República de Panamá. (2016). *Ministerio Público de Panamá*. Obtenido de Procuraduría General de la Nación: <https://ministeriopublico.gob.pa/wp-content/uploads/2016/09/constitucion-politica-con-indice-analitico.pdf>

Costa Subías, J., & Soria Jerez, J. A. (2021). Tomografía Computarizada dirigida a Técnicos Superiores en Imagen para el Diagnóstico. En J. Costa Subías, & J. A. Soria Jerez, *Tomografía Computarizada dirigida a Técnicos Superiores en Imagen para el Diagnóstico* (pág. 3). Elsevier.

Eustaquio, N., Liu, J., Ladbury, C., Tam, A., Glaser, S., Liu, U., & Chen, Y.-J. (2024). Current Status and Future Directions of Image-Guided Adaptive Brachytherapy for Locally Advanced Cervical Cancer. *Cancers*, 1031.

Fundación Instituto Roche. (s.f.). *Actualización en investigación clínica Glosario de términos*. Obtenido de Fundación Instituto Roche: https://www.institutoroche.es/jornadas/static/jornadas/archivos/Glosario_EECC_seminario_FIR-ANIS.pdf

Gaceta oficial. (4 de Enero de 2006). *Asamblea Nacional*. Obtenido de MInisterio de Gobierno: https://www.mingob.gob.pa/wp-content/uploads/2023/01/25457_2006.pdf

García Contreras, O. J. (2011). *Cálculo de dosis en braquiterapia ginecológica HDR-3D mediante simulación Monte Carlo para tratamiento intracavitario de cáncer de cuello uterino*. Obtenido de Library.

García Delgado, P. A., Cabezas Díaz, F. I., Nieto España, D. C., & Mogrovejo Del Saltó, V. N. (22 de Noviembre de 2022). *Imagenología médica y anatomía radiológica*. Obtenido de [recimundo: https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/1878/2254](https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/1878/2254)

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Lucio, B., & Pilar, M. d. (2014). *Metodología de la Investigación. Sexta Edición*. México: McGraw Hill.

IVO. (10 de Diciembre de 2021). *Hace 25 años se incorporó el tratamiento de la braquiterapia de alta tasa en el IVO*. Obtenido de IVO-Instituto Valenciano de Oncología: <https://www.ivo.es/actualidad/el-cancer/se-cumplen-25-anos-de-la-incorporacion-del-tratamiento-de-la-braquiterapia-de-alta-tasa-en-el-ivo/>

Jimenez, T. (15 de Mayo de 2024). Braquiterapia: el innovador tratamiento de cáncer en Ciudad de la Salud. *Noticias CSS*. Obtenido de <https://prensa.css.gob.pa/2024/05/15/braquiterapia-el-innovador-tratamiento-de-cancer-en-ciudad-de-la-salud/>

Jung, H. (31 de Marzo de 2021). *Basic Physical Principles and Clinical Applications of Computed Tomography*. Obtenido de KoreaMed Synapse: <https://synapse.koreamed.org/articles/1146894>

Kadirus, A. S., Othman, A. S., & Ridzuan, A. N. (Enero de 2023). *Remote Afterloading Technology: A Short Review*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/371873840_Remote_Afterloading_Technology_A_Short_Review

- Kemikler, G. (2019). History of Brachytherapy. *TURKISH JOURNAL OF ONCOLOGY*, 1-10. doi:10.5505/tjo.2019.1
- Law, M. Y., Liu, B., & Chan, L. W. (2009). Informatics in radiology: DICOM-RT-based electronic patient record information system for radiation therapy. *RadioGraphics*, 29(4), 961-72. doi:10.1148/rg.294085073
- Lim, K., & Kim, D. (30 de Junio de 2021). *Brachytherapy: A Comprehensive Review*. Obtenido de KoreaMed Synapse: <https://synapse.koreamed.org/articles/1147261>
- Liu, H., Ma, C. M., Jia, X., Shen, C., Klages, P., & Albuquerque, K. (2021). Interactive Treatment Planning in High Dose-Rate Brachytherapy for Gynecological Cancer. *arXiv*. doi:<https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.05081>
- Mahantshetty, U., Gurram, L., Bushra, S., Ghadi, Y., Aravindakshan, D., Paul, J., . . . Gupta, S. (2021). Single Application Multifractionated Image Guided Adaptive High-Dose-Rate Brachytherapy for Cervical Cancer: Dosimetric and Clinical Outcomes. *International Journal of Radiation Oncology - Biology - Physics*, 111(3), 826-834. doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036030162100732X>
- Maldonado S., N., & Santoyo T., F. (2024). Validez de contenido por juicio de expertos: Integración cuantitativa y cualitativa en la construcción de instrumentos de medición. Obtenido de <https://revistes.ub.edu/index.php/REIRE/article/download/46238/41930?inline=1>
- MedlinePlus. (29 de Mayo de 2024). *Radioterapia*. Obtenido de MedlinePlus: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001918.htm>
- MedlinePlus. (15 de Julio de 2024). *Ultrasonido*. Obtenido de MedlinePlus: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003336.htm>

Misher, C. (29 de Marzo de 2024). *Braquiterapia intersticial para cánceres ginecológicos*.

Obtenido de OncoLink: <https://es.oncolink.org/tratamiento-del-cancer/radiacion/tipos-de-radioterapia/brachytherapy-for-gynecologic-cancers/braquiterapia-intersticial-para-canceres-ginecologicos>

Navarra, C. U. (2023). *Diccionario Médico*. Obtenido de <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/supervivencia-global>

NIH Instituto Nacional del cáncer. (s.f.). *Diccionario de cáncer del NCI*. Obtenido de <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/supervivencia-por-causa-especifica>

ONCOSERVICE. (s.f.). *Braquiterapia de Alta Tasa de Dosis – 3D Conformada*. Obtenido de ONCOSERVICE: <https://oncoservice.bo/braqui-3d/#:~:text=Braquiterapia%203D%20se%20define%20como,a%20los%20tejidos%20sanos%20proximos>

Pérez , C., & García, A. (2001). *Braquiterapia de alta tasa*. Obtenido de Fundación Signo: <https://www.fundacionsigno.com/archivos/publicaciones/30.pdf>

Rayos Contra Cancer. (6 de Junio de 2022). Sesión 9 - Aplicadores y usos. *Fabiola Valencia enseña Sesión 9 - "Aplicadores y usos" del curso de HDR Braquiterapia para físicos médicos, organizado por Rayos Contra Cancer*. Obtenido de https://youtu.be/paHsBBR94Mo?si=kyT7PkYWZ_nz-bSm

RHC ION. (2023). *Registro Hospitalario de cáncer*.


Roberto. (25 de Marzo de 2022). Cáncer de cuello uterino: tendencias para el 2030 en América Latina. *OCEANO Medicina*. Obtenido de Oceano Medicina: <https://pa.oceanomedicina.com/nota/actualidad-pnm/cancer-cuello-uterino-tendencias-2030/>

- Roviroso, À., Samper, P., & Villafranca, E. (Enero de 2022). *Braquiterapia 3D guiada por la imagen*. Obtenido de Sociedad Española De Oncología Radioterápica: https://seor.es/wp-content/uploads/2023/01/AAFF_Braquiterapia_libro.pdf
- Salazar Matos, P., Verástegui López, W. P., Fernández Campos, W. A., Zárata Ruiz, G. E., & Medina Sotelo, C. G. (24 de Abril de 2024). *Cancer situation in Latin America and its public policies*. Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9872412>
- Sandwall, A. P., Feng, Y., Platt, M., Lamba, M., & Mahalingam, S. (2018). *Evolution of brachytherapy treatment planning to deterministic radiation transport for calculation of cardiac dose*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958394718300323>
- Solis, J. A., Olivares, J., Tudela, B., Veillon, G., Perrot, I., & Lazcano, G. (2020). Braquiterapia adaptativa guiada por resonancia magnética para el cáncer cervical localmente avanzado: Experiencia del Hospital Carlos Van Buren. *Revista Chilena de Obstetricia y Ginecología*, 85(6), 604-616. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75262020000600604>
- Urdaneta, N., Reyes, R., Abreu, P., Aguirre, L., Rodríguez, H., Lira, L., . . . D'anna, E. (2024). BRAQUITERAPIA GUIADA POR IMÁGENES CON PLANIFICACIÓN 3D EN CÁNCER DE CUELLO UTERINO. EXPERIENCIA PRELIMINAR. *Revista Venezolana de Oncología*, 37(1), 16-36. doi:<https://revista.oncologia.org/wp-content/uploads/2025/01/03.-Urdaneta-N-16-36.pdf>
- VIDT Oncología Radiante. (s.f.). *VIDT Oncología Radiante*. Obtenido de Braquiterapia ata Tasa: <https://vidt.com.ar/braquiterapia-alta-tasa/>

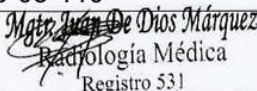

- Villalba Sánchez, N. D., Carrera Sausan, C., Gracia Lasierra, E., Garza Pérez, R., & Palos Gracia, M. (2024). Braquiterapia Actualizada. *Revista Ocronos*, VII(4). doi:<https://revistamedica.com/braquiterapia-actualidad/#Tipos-de-braquiterapia>
- Wang, K., Wang, J., Jiang, & Ping. (21 de Diciembre de 2023). *High-Dose-Rate Three-Dimensional Image-Guided Adaptive Brachytherapy (3D IGABT) for Locally Advanced Cervical Cancer (LACC): A Narrative Review on Imaging Modality and Clinical Evidence*. Obtenido de National Library of Medicine: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38275830/>
- Westerveld, H., Schmid, M. P., Nout, R. A., Chargari, C., Pieters, B. R., Creutzberg, C. L., . . . Fokdal, L. U. (2021). Braquiterapia adaptativa guiada por imágenes (IGABT) para el cáncer vaginal primario: resultados del estudio de cohorte multicéntrico internacional RetroEMBRAVE. *Cancers*, 13(6), 1459. doi:<https://doi.org/10.3390/cancers13061459>
- WHO. (2024). *Cervical cancer* . Obtenido de World Health Organization: https://www.who.int/health-topics/cervical-cancer#tab=tab_1
- Yale Medicine. (2024). *Gynecologic Cancers*. Obtenido de Yale Medicine: <https://www.yalemedicine.org/conditions/gynecological-cancers>
- Yap, E. T., Dumago, M. P., Jaina, C. J., Bojador, M., Cabrera, E. M., González, G. S., . . . Bacorro, W. R. (2023). Clinical outcomes of single application multi-fractionated CT-guided interstitial high-dose-rate brachytherapy for locally advanced cervical cancer: A multi-institution initial experience. *Journal of Contemporary Brachytherapy*, 15(6), 399-404. doi:<https://doi.org/10.5114/jcb.2023.134169>

ANEXOS

Anexo 1. Inscripción del proyecto de investigación.

	VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN		
	FR-VIE-05 Inscripción propuesta trabajo de grado	Fecha: 27-Mar-2025	
		Versión:0.1	Página 1 de 1

INSCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO OPCIÓN A TRABAJO DE GRADO

1. Título del Proyecto:	Avances en la aplicación de braquiterapia de alta tasa de dosis en pacientes con cáncer ginecológico: revisión teórica y enfoque imagenológico.
2. Facultad	Ciencias de la Salud
3. Programa o carrera:	Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnósticas
4. Unidad Ejecutora:	Universidad Santander
5. Director Técnico del Estudio:	Dr. Francisco Gómez
6. Asesor Metodológico del Estudio:	Dra. Margot Carrillo e Ing. Miladys Dávila
7. Investigador (es):	
7.1. Nombre:	Ana Gabriela Bambú Jaén
7.2. Correo Electrónico:	abambu@mail.usantander.edu.pa
7.3. Número de teléfono:	6388-8117
7.4. Nombre:	Ariatna Alexandra Hernández Taton
7.5. Correo Electrónico:	ahernandez@mail.usantander.edu.pa
7.6. Número telefónico:	6910-1392
7.7. Nombre:	Bryan Alexis Loaiza Valladares
7.8. Correo Electrónico:	bloaiza@mail.usantander.edu.pa
7.9. Número telefónico:	6398-0052
8. Duración del Proyecto:	4 meses
9. Fecha Probable de Inicio:	3 de febrero del 2025
10. Fecha Probable de Terminación:	30 de abril del 2025
11. Fecha de Aprobación de la Coordinación de Investigación:	31 de marzo de 2025
12. Código del Proyecto:	LIRD-2025-03-110
13. Firma del Decano o Coordinador Académico del Programa	 María Juan De Dios Márquez Radiología Médica Registro 531
14. Firma del Coordinador o Vicerrector de Investigación	 JOHANA GUTIERREZ

Anexo 2. Instrumento de análisis de datos

Matriz bibliográfica

Estudio # ____

Título:		Instrumentos/técnicas/ procedimientos realizados:	
Fuente donde aparece publicado:		Resultados:	
Autores:		Conclusiones:	
Año de publicación:		Limitaciones:	
País:		Recomendaciones:	
Enlace o link:			

Tabla de análisis de datos

#	Título del estudio	Tipo de cáncer ginecológico tratado	Tecnologías de aplicación de braquiterapia de alta tasa de dosis	Criterios de validación	Técnica de imagen de planificación	Criterios de validación
1						
2						
3						
4						
5						

Papel de la imagenología dentro del procedimiento de la braquiterapia de alta tasa de dosis (en esta parte se anotarán las partes del procedimiento dónde y cómo se involucra la imagenología, en base a lo descrito en los estudios):

Estudio # ____:

Estudio # ____:

Estudio # ____:

Estudio # ____:

Estudio # ____:

Técnica imagenológica utilizada con mayor frecuencia en braquiterapia de alta tasa de dosis para cáncer ginecológico (en esta parte se anotarán las tecnologías utilizadas en los estudios y los motivos, para luego identificar la que se utilizó con mayor frecuencia).

Estudio # ____:

Estudio # ____:

Estudio # ____:

Estudio # ____:

Estudio # ____:

Anexo 3. Instrumento de validación utilizado por los expertos

Universidad Santander

Licenciatura en Radiología e Imágenes Diagnósticas

INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS

CRITERIOS	SI CUMPLE	NO CUMPLE	Observaciones
Pertinencia. El grado de correspondencia entre el enunciado del ítem y lo que se pretende medir			
Calidad conceptual. Hata qué punto el enunciado del ítem no genera confusión o contradicciones.			
Redacción y terminología. Si la sintaxis y la terminología empleada son apropiadas.			
Respuesta correcta (clave). Si la respuesta correcta es la que corresponde al enunciado del ítems.			
Distractores apropiados. Si los enunciados de los distractores son razonablemente posibles.			
Niveles de dificultad. Los niveles de dificultad de cada ítem son apropiados y tienen un carácter ascendente.			
Niveles cognitivos. Los ítems están distribuidos balanceadamente en el cuestionario.			
Formato. La forma como se presentan los ítems y cuestionario en general estan apropiados.			

Nombre: _____

Fecha: _____

Firma: _____

Anexo 4. Carta de aprobación de exención por Comité Bioética



CBI-USantander-007-2025
Panamá, 11 de abril de 2025

Ana Gabriela Bambú Jaén.
Ariatna Alexandra Hernández Taton
Bryan Alexis Loaiza Valladares.
Investigadores Principales.

Ciudad. -
Respetados Investigadores:

Luego de revisada la información referente al protocolo "**Avances en la aplicación de braquiterapia de alta tasa de dosis en pacientes con cáncer ginecológico: revisión teórica y enfoque imagenológico**". Se estableció que el mismo no requiere aprobación regulatoria por parte de un comité de bioética.

La decisión obedece a que su estudio **NO** clasifica como una "Investigación con seres humanos". Se define "seres humanos" aquellos que: "*son (i) individualmente identificables por la recolección, preparación, o uso de material biológico o médico, u otros records, por parte del investigador; o (ii) expuestos a intervención, observación u otra interacción con los investigadores*".

Por lo anterior lo exhortamos a seguir adelante con su proyecto y mantener la presente nota disponible en caso de publicación.

Saludos y éxitos.

Dra. Nydia Flores Chiari.
Presidenta
CBI-USantander



NFCH/ngbf

Anexo 5. Carta revisión profesor español y diploma

Panamá, 8 de julio de 2025

Señores
COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO
Universidad de Santander
Ciudad de Panamá

Saludo cordial,

Certifico que a los estudiantes: Ana Gabriela Bambú Jaén con CIP 8-942-970, Ariatna Alexandra Hernández Taton con CIP 1-752-1889 y Bryan Alexis Loaiza Valladares con CIP 8-986-1080, se les ha revisado el Trabajo de Grado Titulado: “Avances en la aplicación de braquiterapia de alta tasa de dosis en pacientes con cáncer ginecológico: revisión teórica y enfoque imagenológico”.

Doy fe que el trabajo cumple con todas las exigencias de redacción y ortografía del idioma español.

Atentamente,

Nombre: Migdalia de Rodríguez
Profesor (a) de español
Cédula: 6-50-2384

Adjunto: copia del diploma

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
 LA FACULTAD DE
Ciencias De La Educación

EN VIRTUD DE LA POTESTAD QUE LE CONFIEREN LA LEY Y EL ESTATUTO UNIVERSITARIO,
 HACE CONSTAR QUE


Migdalia Diaz S.
 PANAMÁ

HA TERMINADO LOS ESTUDIOS Y CUMPLIDO CON LOS REQUISITOS
 QUE LE HACEN ACREEDOR AL TÍTULO DE

**Profesora de Educación Media
 con Especialización en Español**

Y EN CONSECUENCIA SE LE CONCEDE TAL GRADO CON TODOS LOS DERECHOS,
 HONORES Y PRIVILEGIOS RESPECTIVOS, EN TESTIMONIO DE LO CUAL SE LE EXPIDE
 ESTE DIPLOMA EN LA CIUDAD DE PANAMÁ, A LOS **diecisiete**
 DÍAS DEL MES DE **septiembre** DEL AÑO DOS MIL **cuatro**.

[Signature] Decano *[Signature]* Rector



REPUBLICA DE PANAMA
 MINISTERIO DE EDUCACION
 Dirección Regional de Panamá Oeste
 Panamá, 18 de noviembre de 2004
 Nombre del Destatario del Diploma: MIGDALIA DIAZ S.
 Fecha de Expedición: 17/09/04
[Signature]
 Director de Registro

[Signature]
 Secretario General
 Diploma 120435
 Identificación Personal
 6-50-2384

REPÚBLICA DE PANAMÁ
TRIBUNAL ELECTORAL

Migdalia
Diaz Santamaria de Rodríguez

NOMBRE USUAL: **6-50-2384**
 FECHA DE NACIMIENTO: 01-JUL-1960
 LUGAR DE NACIMIENTO: HERRERA, OCU
 SEXO: F TIPO DE SANGRE:
 EXPEDIDA: 28-SEP-2022 EXPIRA: 28-SEP-2037

Migdalia de Rodríguez

TE TRIBUNAL ELECTORAL
TRIBUNAL ELECTORAL DE LA REPUBLICA DE PANAMA DIRECTOR NACIONAL DE CENSALCEN




6-50-2384

A7 05/09/16

Anexo 6. Código QR para ingresar al artículo científico.



Anexo 7. Artículo científico.

Avances en la aplicación de braquiterapia de alta tasa de dosis en pacientes con cáncer ginecológico: revisión teórica y enfoque imagenológico.

Autores:

Ana Gabriela Bambú Jaén

<https://orcid.org/0009-0000-8884-1864>

Universidad Santander

abambu@mail.usantander.edu.pa,

Panamá, Ciudad de Panamá

Ariatna Alexandra Hernández Taton

<https://orcid.org/0009-0000-6916-4845>

Universidad Santander

ahernandez@mail.usantander.edu.pa,

Panamá, Ciudad de Panamá

Bryan Alexis Loaiza Valladares

<https://orcid.org/0009-0004-5742-8945>

Universidad Santander

bloaiza@mail.usantander.edu.pa,

Panamá, Ciudad de Panamá

Resumen

El presente artículo analiza el papel de la imagenología en la planificación de la braquiterapia de alta tasa de dosis en pacientes con cáncer ginecológico y los avances de este tratamiento para el beneficio de las pacientes, en Panamá el cáncer ginecológico se posiciona como uno de los más comunes a nivel nacional, es por ello que se considera necesario conocer los protocolos más favorables para llevar a cabo el tratamiento de braquiterapia. Se realizó una revisión teórica sobre el uso de la imagenología en la braquiterapia de alta tasa de dosis como tratamiento para el cáncer ginecológico y de esta manera conocer que técnica de imagen era considerada la más viable, para ello se utilizó como técnica la recopilación documental y como instrumento de recolección de datos se implementó una matriz bibliográfica en donde se recopiló la información de cinco estudios publicados entre 2020 y 2025. Se observó que la imagenología forma parte fundamental en la planificación del tratamiento

de braquiterapia de alta tasa de dosis en cáncer ginecológico, parte de esto incluye la evaluación previa del paciente que permite conocer la extensión de la enfermedad, determinar la cantidad de dosis y la distribución de esta, la delimitación de los volúmenes blanco como el volumen tumoral macroscópico o el volumen de tratamiento clínico, y de los órganos a riesgo. La Tomografía Computarizada (TC) al igual que la Resonancia Magnética (RM) son métodos adecuados para la determinación de los órganos a riesgo y para la delimitación de los volúmenes blanco, sin embargo, los autores resaltan la preferencia sobre la RM por ofrecer una mayor resolución de tejidos blandos y precisión anatómica. Con el paso del tiempo se han introducido nuevas técnicas para potenciar el tratamiento, así es como se ha desarrollado la Braquiterapia Guiada por Imagen 3D (BTGI3D), la braquiterapia de aplicación única multifraccionada, sistemas como la interfaz de optimización interactiva (IOI).

Palabras claves: Cáncer, Braquiterapia, Imagenología.

Advances in the application of high-dose-rate brachytherapy in patients with gynecological cancer: a theoretical review and imaging approach.

Abstract

This project analyzes the role of imaging in planning high-dose-rate brachytherapy in patients with gynecological cancer and the advances in this treatment for the benefit of patients. In Panama, gynecological cancer is one of the most common cancers nationwide. Therefore, it is considered necessary to understand the most favorable protocols for brachytherapy treatment. A theoretical review was carried out on the use of imaging in high-dose-rate brachytherapy as a treatment for gynecological cancer and in this way to know which imaging technique was considered the most viable, for this, documentary collection was used as a technique and a bibliographic matrix was implemented as a data collection instrument where information from five studies published between 2020 and 2025 was collected. It was observed that imaging is a fundamental part in the treatment

planning of high-dose-rate brachytherapy in gynecological cancer, part of this includes the prior evaluation of the patient that allows knowing the extent of the disease, determining the amount of dose and its distribution, the delimitation of the target volumes such as the macroscopic tumor volume or the clinical treatment volume, and the organs at risk. Computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) are suitable methods for determining organs at risk and delineating target volumes. However, the authors emphasize their preference over MRI due to their greater soft tissue resolution and anatomical accuracy. Over time, new techniques have been introduced to enhance treatment, such as the development of 3D Image-Guided Brachytherapy (3DIGBT), single-dose multifractionated brachytherapy, and systems such as the Interactive Optimization Interface (IOI).

Keywords: Cancer, Brachytherapy, Imaging.

Introducción

El cáncer ginecológico representa un problema de salud pública a nivel mundial. Al año 2022 se registraron 661,044 nuevos casos de cáncer de cuello uterino y unas 350,000 mujeres murieron a causa de esta enfermedad (1). También se registraron 324,603 de cáncer de ovario y 417,367 de cáncer de endometrio y se estimaron aproximadamente 45,000 casos de cáncer de vulva y 17,000 de vagina. Con respecto a América Latina y el Caribe, los casos de cáncer ginecológico combinados al 2022 dieron un estimado de 112,360 casos nuevos y 53,018 muertes. Sin embargo, en América Latina, solo el 20% de la población está cubierta por registros de cáncer de alta calidad, lo que puede subestimar las cifras reales.

A pesar de los avances en el diagnóstico y tratamiento, la región enfrenta desafíos en la aplicación efectiva de la Braquiterapia de alta tasa de dosis (HDR) como tratamiento para el cáncer ginecológico, debido a la falta de consenso sobre protocolos de tratamientos óptimos y la limitada disponibilidad de recursos tecnológicos y capacitación especializada, principalmente en el idioma español.

La Braquiterapia de alta tasa de dosis como tratamiento para el cáncer ginecológico, ha sido introducida con éxito en Panamá y su accesibilidad ha crecido con el pasar de los años, por lo que es

necesario darle visibilidad a esta nueva tecnología y sobre todo estudiar el rol que tiene la imagenología dentro del procedimiento. Las tecnologías de imagen avanzadas, como la Resonancia Magnética o la Tomografía Computarizada, han transformado la planificación de la Braquiterapia de alta tasa de dosis en cánceres ginecológicos.

Este artículo está basado en una revisión bibliográfica de estudios existentes sobre los avances en la aplicación de la Braquiterapia de alta tasa de dosis en pacientes con cáncer ginecológico y cómo influye la imagenología en su eficacia. Se describe el papel de la imagenología dentro del tratamiento y las técnicas de imagen empleadas.

Objetivo general:

Analizar los avances en la aplicación de la braquiterapia de alta tasa de dosis en pacientes con cáncer ginecológico y su integración con tecnologías de imagenología.

Metodología

Investigación cualitativa con alcance descriptivo y de tipo transversal, que consiste en la revisión de cinco estudios publicados entre 2020 y 2025. La investigación estará basada en datos globales disponibles en bases científicas como PubMed, SciElo, Google Scholar, o revistas especializadas en oncología y radioterapia. Se identificó en los estudios seleccionados las siguientes categorías: tipo de cáncer ginecológico tratado, nuevas tecnologías de aplicación de braquiterapia de alta tasa de dosis, técnicas imagenológicas utilizadas en la planificación, y criterios de validación. La información fue sintetizada por medio de un instrumento validado por expertos, donde primero se extraían datos bibliográficos, y luego se detallaban los aspectos más relevantes en base a las categorías y subcategorías de investigación y demás datos relevantes.

Consideraciones éticas

Esta investigación fue revisada por el Comité de Bioética de la Universidad Santander, quienes a través de una carta de exención se estableció que esta no requiere aprobación regulatoria por parte del comité, debido a que no clasifica como una investigación con seres humanos.

Para asegurar el cumplimiento de los principios éticos se implementaron las siguientes acciones: para garantizar la calidad y validez de la información, se seleccionaron únicamente publicaciones de portales científicos confiables como revistas científicas indexadas o bases de datos bibliográficas (por ejemplo, PubMed, Google Scholar). Toda la información extraída fue debidamente referenciada, evitando cualquier forma de plagio o apropiación indebida de ideas. Se realizó una citación adecuada según el formato APA 7 para el reconocimiento de la autoría, esto incluye citar correctamente datos, tablas, figuras o cualquier material que se incorporó al análisis, respetando los derechos de propiedad intelectual.

Aunque esta investigación no involucra datos primarios de pacientes, se respetaron las normas éticas asociadas a los estudios originales revisados, es decir, si se utilizan datos agregados (por ejemplo, tasas de éxito o efectos secundarios), se presentan sin intentar identificar a individuos o alterar su contexto original.

Los resultados se presentan de forma clara, incluyendo tanto resultados positivos como limitaciones reportadas en la literatura, sin manipular la información para favorecer una conclusión predeterminada que puedan inducir a error o generar expectativas injustificadas sobre la braquiterapia o las tecnologías imagenológicas en el ámbito clínico.

Resultados

Para mayor facilidad y comprensión de los resultados, se abrevian cada uno de los estudios consultados de la siguiente forma:

- Estudio 1: braquiterapia guiada por imágenes con planificación 3D en cáncer de cuello uterino (2).

- Estudio 2: braquiterapia de alta tasa de dosis de aplicación única multifraccionada guiada por imágenes para el cáncer de cuello uterino: resultados clínicos y dosimétricos (3).
- Estudio 3: planificación interactiva del tratamiento de braquiterapia de alta tasa de dosis para cáncer ginecológico (4).
- Estudio 4: braquiterapia 3D guiada por la imagen (5).
- Estudio 5: braquiterapia adaptativa guiada por resonancia magnética para el cáncer cervical localmente avanzado: experiencia del Hospital Carlos Van Buren (6).

A continuación, se presenta la información recopilada de estos estudios por medio del instrumento de análisis de datos.

Tabla 1.

Matriz Bibliográfica.

Matriz bibliográfica

Estudio 1

Título:	Braquiterapia guiada por imágenes con planificación 3D en cáncer de cuello uterino	Instrumentos/técnicas/procedimientos realizados:	Se realizó un estudio descriptivo, observacional, de las pacientes con diagnóstico de carcinoma de cuello uterino que fueron tratadas con BTGI3D con implantes úterovaginales en el Servicio de Braquiterapia Oncológica San Román del Urológico San Román, durante los años 2021-2023. Las pacientes recibieron braquiterapia (posterior a radioterapia externa) concurrente con quimioterapia. La realización del implante fue guiada por ultrasonido. El aplicador más utilizado fue el tipo Fletcher. Para la planificación se realizó tomografía. Se empleó dosimetría 3D y planificación inversa. Se utilizó el equipo Flexitron, con fuente de cobalto 60 de alta intensidad 2 Ci.
Fuente donde aparece publicado:	Google Scholar	Resultados:	Predominó el estadio IIB (182) seguido del estadio IIIB (99). En 63,8 % de las pacientes se empleó radioterapia externa con planificación conformada 3D. La mediana de dosis total de radioterapia a la pelvis fue 45 Gy. El esquema más utilizado fue el de 2 implantes (9-10 Gy) en 66,6 % de las pacientes (28). La mediana de dosis total osciló 81,5-85,6 Gy. 66 pacientes (15,49 %) recibieron la radioterapia y braquiterapia en menos de 8 semanas. Promedio de seguimiento fue 10,5 meses, con una mediana de 8,5 meses. El 71,36 % de las pacientes estaban vivas sin enfermedad. La sobrevida global fue 77,1 % y la sobrevida causa específica 78,8 %, a los 2 años.
Autores:	Urdaneta, Nelson; Reyes, Rosario; Abreu, Perfecto; Aguirre, Laura; Rodríguez, Héctor; Lira, Luis; Vera, Andrés; Villegas, María G; Barboza, Doris; Hernández, Carlos; D'anna, Eneimar	Conclusiones:	La braquiterapia es fundamental en el tratamiento radiante del cáncer de cuello uterino es posible la aplicación de esta nueva tecnología de nuestro medio. El desarrollo de la BTGI3D representa un cambio de paradigma en BT ginecológica. El presente estudio se demuestra que es posible la aplicación de esta nueva tecnología de BTGI3D en nuestro medio, a pesar de la crisis en el sector salud en este país. En la actualidad están comenzando a utilizar la RM de rutina para la planificación de la BT y se espera mejorar la técnica en el futuro para incluir la BT intersticial en las pacientes con enfermedad localmente avanzada.
Año de publicación:	2024	Limitaciones:	En la planificación de la BTGI3D en este servicio se ha utilizado básicamente la TC ya que no se disponía de equipos de RM en la institución hospitalaria.
País:	Venezuela	Recomendaciones:	No reportadas.
Enlace o link:	https://revista.oncologia.org.ve/wp-content/uploads/2025/01/03.-Urdaneta-N-16-36.pdf		

Estudio 2

Título:	Braquiterapia de alta tasa de dosis de aplicación única multifraccionada guiada por imágenes para el cáncer cervical: resultados clínicos y dosimétricos	Instrumentos/técnicas/procedimientos realizados:	Estudio prospectivo con el objetivo de evaluar si la braquiterapia adaptativa guiada por imágenes (IGABT), aplicada en una sola inserción y en varias fracciones con alta tasa de dosis (HDR), era viable y segura para tratar el cáncer cervical. Participaron 38 pacientes diagnosticadas con enfermedad en estadio IIB a IVA, según la clasificación FIGO 2009, estas pacientes fueron reclutadas entre 2017 y 2019. Luego de recibir radioterapia externa de 50 Gy en 25 sesiones, las pacientes fueron tratadas con IGABT basada en resonancia magnética. El protocolo de IGABT consistió en una sola aplicación de braquiterapia (BT) y tratamiento con 3 fracciones de HDR (9 Gy el día 1; 2 fracciones de 7 Gy con un intervalo mínimo de 6 horas el día 2). Para que el tratamiento fuese aceptable se debía lograr que el volumen objetivo clínico de alto riesgo (HRCTV) recibiera más de 84 Gy, mientras que el volumen de 2 cm ³ de vejiga y recto/sigmoides no debía superar los 85 Gy y 71 Gy respectivamente. Para controlar la variabilidad entre las fracciones, el segundo día se realizó una planificación adicional con tomografía computarizada, usando un sistema de registro por coordenadas basado en información mutua. Además, se delinearón los órganos en riesgo con tomografía computarizada y se ajustaron las dosis en algunos casos.
Fuente donde aparece publicado:	Google Scholar, Pubmed, Science Direct, International Atomic Energy Agency (IAEA), International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics.	Resultados:	A todos los pacientes se les aplicó braquiterapia combinada (intracavitaria e intersticial). La media desviación estándar del volumen objetivo clínico de alto riesgo (HRCTV) fue de 41 ± 21 cm ³ y la dosis media que recibió el 90 % del HRCTV (D90) fue de $87, 2 \text{ Gy} \pm 3,6 \text{ Gy}$. Seis pacientes necesitaron ajustes en la planificación antes de recibir una segunda fracción del tratamiento. En promedio, el tratamiento duró 47 días, con una variación de 6 días aproximadamente. Al cabo de un seguimiento de 22 meses con un rango de 2 a 37 meses, se observó un control local del 90,1 %, una supervivencia libre de enfermedad del 85 % y una supervivencia global del 94,5 % a los dos años. Para ese momento se reportaron efectos secundarios en el recto en tres pacientes: uno con toxicidad de grado II y dos con toxicidad de grado III.
Autores:	Mahantshetty, Umesh; Gurrám, Lavanya; Bushra, Sabheen; Ghadi, Yogesh; Aravindakshan, Dheera; Paul, John; Hande, Vinod; Pilar, Avinash; Chopra, Supriya; Ghosh, Joya; Shylasree; Popat, Palak; Sable, Niles; Maheswari, Amita; Gupta, Sudeep	Conclusiones:	Las técnicas empleadas en este estudio tienen el alcance para facilitar la aplicación de la braquiterapia (BT) y hacerla más aceptada por los pacientes, adicionalmente representan un uso más eficiente y ahorrrativo de los recursos, sin comprometer el control de la enfermedad ni aumentar los efectos secundarios. La braquiterapia guiada por resonancia magnética con una aplicación única fraccionada resultó factible en el 95 % de los casos, los datos dosimétricos y los resultados clínicos obtenidos son alentadores.
Año de publicación:	2021	Limitaciones:	Inicialmente se habían elegido 41 pacientes para este estudio, de las cuales una se retiró luego de 12 fracciones de EBRT y 2 no alcanzaron las restricciones estrictas definidas de HRCTV D90, vejiga 2 cm ³ y recto 2 cm ³ en la primera fracción planificada de la radioterapia externa; por lo tanto, el tratamiento se consideró inviable. Debido a esto se presentan únicamente los resultados de 38 pacientes.
País:	India	Recomendaciones:	No reportadas.
Enlace o link:	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036030162100732X		

Estudio 3

Título:	Planificación interactiva del tratamiento de braquiterapia de alta tasa de dosis para cáncer ginecológico.	Instrumentos/técnicas/procedimientos realizados:	Se planteó un problema de optimización con el objetivo de reducir la cantidad de radiación recibida en los órganos sanos y dar la suficiente radiación al tumor. Se desarrolló una interfaz de usuario que permite al usuario ajustar los pesos de los órganos. Con un simple clic del mouse, el problema de optimización se resuelve en segundos con un método de dirección alternada de multiplicadores altamente eficiente y una estrategia de optimización de inicio en caliente. Los D2cc clínicamente relevantes resultantes de los órganos se muestran inmediatamente. Esto permite al usuario ajustar intuitivamente los planes con una calidad satisfactoria.
Fuente donde aparece publicado:	Mathews Open Access Journals, Research Gate, Semantic Scholar, Google Scholar	Resultados:	Los resultados del plan de optimización y el plan clínicamente aprobado para el "paciente A" se puede ver que las dosis al sigmoide, recto e intestino delgado en el plan de optimización mejoran mucho, mientras que la dosis a la vejiga es ligeramente superior, con valores D90 idénticos para el control de volumen tumoral (CTV). Se puede ver que los valores del Histograma dosis-volumen (DVH) comienzan a disminuir más rápido utilizando el plan de optimización. Los resultados del plan de optimización y el plan clínicamente aprobado para el "paciente B" podemos ver que todas las dosis de OAR utilizando el plan de optimización son menores que las del plan clínicamente aprobado.
Autores:	Liu, Huan; Ma, Chang M; Jia, Xun; Shen, Chenyang; Klages, Peter; Albuquerque, Kevin	Conclusiones:	Las técnicas empleadas en este estudio tienen el alcance para facilitar la aplicación de la braquiterapia (BT) y hacerla más aceptada por los pacientes, adicionalmente representan un uso más eficiente y ahorativo de los recursos, sin comprometer el control de la enfermedad ni aumentar los efectos secundarios. La braquiterapia guiada por resonancia magnética con una aplicación única fraccionada resultó factible en el 95 % de los casos, los datos dosimétricos y los resultados clínicos obtenidos son alentadores.
Año de publicación:	2021	Limitaciones:	A pesar de que los ajustes realizados con las herramientas interactivas simples dentro del sistema de planificación del tratamiento con tiempos inferiores a 10 minutos, esto no aseguraba que los planes resultantes fueran óptimos. Por ende, habría que ajustar nuevamente los datos hasta conseguir una planificación óptima.
País:	Estados Unidos de América	Recomendaciones:	Para lograr una velocidad de optimización más rápida, se puede emplear la computación paralela. La computación paralela acelera el procesamiento al dividir tareas complejas en partes más pequeñas que se ejecutan simultáneamente en los múltiples núcleos o hilos de una computadora.
Enlace o link:	https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.05081		

Estudio 4

Titulo:	Braquiterapia 3D guiada por la imagen.	Instrumentos/técnicas/procedimientos realizados:	La braquiterapia vaginal profiláctica postoperatoria (BTV) es el principal tratamiento para el cáncer de endometrio postoperatorio. La planificación de la radioterapia postoperatoria se basa mayormente en imágenes 3D de tomografía computarizada (TC), para definir áreas de tratamiento y dosis. En el software de planificación, se identifican los órganos a riesgo (OAR), el volumen tumoral y la simulación de la fuente. En cuanto al cáncer de vulva se utiliza la técnica de imagen de TC para la planificación, identificando los catéteres implantados, se procede a dibujar los contornos de los órganos a riesgo y del tumor visible o del volumen clínico en casos de cirugía previa, utilizando información clínica en el quirófano y las marcas fiduciales si las hay. Para el cáncer de cérvix, en caso de no contar con la resonancia magnética (RM), se emplea la técnica helicoidal de la TC, con cortes axiales y un espaciado de corte de 1,5-2,5 mm, para lograr una visualización óptima. Por otro lado, la ecografía transvaginal se utiliza para evaluar la respuesta de la radioterapia externa antes de la braquiterapia, mientras que la ecografía abdominal, gracias a su amplio campo de visión permite planificar el tratamiento al visualizar el útero y el aplicador en su totalidad. Para el cáncer de vagina la RM permite la visualización de la lesión tumoral, específicamente en la secuencia T2, integrando marcas fiduciales que permiten con mayor facilidad los límites de la lesión. En el caso del cáncer de endometrio inoperable se utiliza como técnica de imagen la RM debido a la información sobre la morfología que esta ofrece, como el tamaño del útero. La secuencia de adquisición utilizada para este tipo de cáncer es la secuencia T2, en los planos axial, sagital y coronal. Para el cáncer de cérvix se utiliza de igual forma la resonancia magnética, la adquisición en la cual se obtienen las imágenes es en secuencia T2, la cual es utilizada para obtener imágenes detalladas de los tejidos, siendo esta secuencia la más adecuada tanto para la delimitación precisa de las estructuras como para la reconstrucción. Las imágenes resultantes se presentan en planos paraxiales, parasagittales y paracorales, en relación con el aplicador utilizado.
Fuente donde aparece publicado:	Sociedad Española de Oncología Radioterápica (SEOR)	Resultados:	Para la braquiterapia se utilizan diversas técnicas de imagen. La resonancia magnética se considera la técnica de preferencia debido a su alta precisión en la visualización del tumor y los tejidos circundantes. Sin embargo, dependiendo de las circunstancias se pueden utilizar diversas técnicas de imagen, ya sea la tomografía computarizada o la resonancia magnética. También se aconseja la utilización de las tecnologías de imagen combinadas, agrupando las fortalezas de la tomografía computarizada y la resonancia magnética, obteniendo así información más precisa.
Autores:	Rovirosa, Ángels; Samper, Pilar; Villafranca, Elena	Conclusiones:	La resonancia magnética se considera la técnica de imagen más precisa para la braquiterapia, ya que proporciona información detallada sobre la extensión del tumor, sus patrones de crecimiento y su ubicación tridimensional, tanto para el diagnóstico inicial como para la evaluación de la respuesta al tratamiento y la planificación de la braquiterapia. Sin embargo, en comparación con la RM, la tomografía computarizada es más accesible y, por lo tanto, es frecuentemente más utilizada en la planificación de la braquiterapia. por otra parte, la incorporación de la ecografía, durante la inserción del aplicador y en la planificación del tratamiento, ha demostrado ser una alternativa valiosa en países con recursos limitados.
Año de publicación:	2022	Limitaciones:	No Reportadas.

Pais:	España	Recomendaciones:	Se recomienda el uso de la resonancia magnética para elegir el aplicador adecuado según la extensión tumoral. Otra recomendación es la adquisición de imágenes en resonancia magnética en un ángulo perpendicular ya sea en orientación con relación al aplicador o en relación con la vagina. por último, se recomienda la fusión de las técnicas de imagen de resonancia magnética y la tomografía computarizada.
Enlace o link:	https://seor.es/wp-content/uploads/2023/01/AAFF_Braquiterapia_li_bro.pdf		

Estudio 5

Título:	Braquiterapia adaptativa guiada por resonancia magnética para el cáncer cervical localmente avanzado: Experiencia del Hospital Carlos Van Buren	Instrumentos/técnicas/procedimientos realizados:	El estudio se llevó a cabo con la participación de 34 pacientes diagnosticadas con cáncer cervical localmente avanzado, las cuales fueron tratadas con radioquimioterapia concomitante, seguida de braquiterapia adaptativa guiada por resonancia magnética (BTAGI), entre mayo de 2019 y marzo de 2020. La braquiterapia de alta tasa de dosis se aplicó utilizando la técnica de "remote afterloading". Para la planificación del tratamiento se empleó el sistema BrachyVision (versión 13.6).
Fuente donde aparece publicado:	Google Scholar, SciElo Chile, Dialnet, Research Gate	Resultados:	Se observó la disminución del tamaño tumoral entre el momento del diagnóstico, hasta la realización de la braquiterapia (BT) en un grupo de 34 pacientes, de las cuales 24 fueron tratadas con 3 sesiones de BT. En todos los casos se alcanzaron dosis equivalentes superiores a 80 Gy. En 12 pacientes se visualizó una reducción tumoral mayor del 70 % y solo una paciente experimentó toxicidad gastrointestinal de grado 3 o superior.
Autores:	Solis, J A; Olivares, J; Tudela, B; Veillon, G; Perrot, I; Lazcano, G	Conclusiones:	El tratamiento de preferencia para el cáncer cervical localmente avanzado es la combinación de la radioquimioterapia concomitante con la braquiterapia adaptativa guiada por resonancia magnética. Esta técnica de imagen es clave, ya que permite una visualización precisa del tumor desde distintos ángulos, facilitando así una planificación más específica del tratamiento. En el Hospital Carlos Van Buren se logró implementar exitosamente el protocolo de BTAGI, cumpliendo con los estándares clínicos internacionales y demostrando que es viable dentro de un contexto hospitalario público.
Año de publicación:	2020	Limitaciones:	No se logra definir una relación directa entre la dosis equivalente y la reducción tumoral debido a la falta de suficiente muestra estadística.
Pais:	Chile	Recomendaciones:	Los autores señalan que la braquiterapia guiada por resonancia magnética puede ser aplicable en hospitales del sistema público, permitiendo evaluar con precisión la disminución del tumor.
Enlace o link:	http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75262020000600604		

Tabla 2.

Tabla de análisis de datos.

				D90: los valores son casi idénticos para el plan clínico y el plan de optimización.	(Resonancia Magnética)	pacientes, comparándolos con el plan clínicamente aprobado; se obtuvo un D2cc menor de los órganos a riesgo (OAR), además de mantener en valores casi idénticos el DHV.
4	Braquiterapia 3D guiada por imágenes	Cáncer de endometrio Cáncer de cérvix Cáncer de vagina Cáncer de vulva	Braquiterapia 3D guiada por imágenes	<p>Indicadores de grado de cobertura D2cc: dosis recibidas en 2 centímetros cúbicos, midiendo la dosis recibida en los órganos en riesgo. D90: 90% del volumen de interés.</p> <p>En el cáncer de endometrio, los resultados de tratamientos con baja y alta tasa de dosis son similares, con una supervivencia global a 5 años del 41-73 % y una supervivencia específica de la enfermedad del 64-88 %. De manera general, las tasas de supervivencia observadas para los distintos estadios del cáncer son las siguientes: 86 % para el estadio IA, 68 % para el IB, 60 % para el II, 44 % para el III y 14 % para el IVA.</p> <p>Para el cáncer de vulva la probabilidad de supervivencia general se sitúa alrededor del 46 %, pero este porcentaje cambia significativamente, oscilando entre un 19 % y un 94 %, según la etapa en la que se encuentre el tumor. La supervivencia global a 5 años según el estadio es: 90,45 % en el estadio I, 77 % en el estadio II, 51,3 en el estadio III, 18 % en el estadio IV.</p>	Resonancia Magnética y Tomografía Computarizada	<p>Se indica la utilización de TC para el cáncer de endometrio postoperatorio, la cual se utiliza para definir las áreas del tratamiento y calcular la dosis de radiación. De igual manera, para el cáncer de vulva, se sugiere la utilización de la TC para el contorneo de los órganos a riesgo, volumen tumoral macroscópico o volumen tumoral clínico en caso la realización de una cirugía previa.</p> <p>En cuanto a la RM para la planificación de la braquiterapia, es la técnica de imagen recomendada tanto para cáncer de endometrio inoperable como también para el cáncer de cérvix, debido a la visualización de tejidos que esta presenta. Con esta técnica de imagen se define la extensión tumoral y los órganos a riesgo, también permite ver la morfología y tamaño del útero además de definir los límites entre el final del cérvix y el inicio del endometrio. Por su parte, en el cáncer de vagina también se sugiere la utilización de la RM debido a su capacidad de delimitar los órganos a riesgo y el volumen tumoral. Además, debido a los posibles cambios en los hallazgos durante las exploraciones, producto de deformaciones causadas por el aplicador se implementa la</p>

						utilización de marcas fiduciales para definir los límites de la lesión. A pesar de los beneficios de la RM, no es considerada la técnica estándar para la planificación del cáncer de endometrio postoperatorio, por su poco uso en las instalaciones.
5	Braquiterapia adaptativa guiada por resonancia magnética para el cáncer cervical localmente avanzado: Experiencia del Hospital Carlos Van Buren	Cáncer cervical	Braquiterapia adaptativa guiada por imágenes	Se logró una reducción tumoral en las 34 pacientes. 12 pacientes presentaron disminución tumoral mayor del 70 % Una cantidad mínima de pacientes presentaron toxicidad aguda gastrointestinal y/o genitourinaria en días siguientes a la culminación del tratamiento y solo una de ellas fue de gravedad alta. La dosis no se puede aumentar demasiado en áreas donde existan restos de tumor, debido al daño que se le puede ocasionar a los órganos cercanos en riesgo.	Resonancia Magnética y Tomografía Computarizada	La RM permite observar de manera clara el tumor cervical, por lo tanto, esta técnica es importante para definir el volumen tumoral.

Papel de la imagenología dentro del procedimiento de la braquiterapia de alta tasa de dosis (en

esta parte se anotarán las partes del procedimiento dónde y cómo se involucra la imagenología, en base a lo descrito en los estudios):

Estudio 1: en el estudio 1, las tecnologías de imagen en la braquiterapia útero vaginal, entran en acción durante el implante de la fuente de radiación por medio de ultrasonido transabdominal (UST) y posteriormente para la delimitación de los volúmenes blanco y de los órganos de riesgo (OAR) en un estudio con tomografía computarizada (TC).

Se coloca el tándem intrauterino y se insertan los aplicadores vaginales con la guía de un UST. Luego se emplea nuevamente para verificar la posición del tándem en la cavidad uterino, en caso de que se haya desplazado. Luego se realiza una TC para comprobar la posición correcta del aplicador. Estas imágenes se transfieren al sistema de planificación de tratamiento donde se trazan los contornos de los volúmenes blancos (CTV HR) que incluye todo el cuello uterino, y el volumen macroscópico residual en el momento de la BT (GTV-B) que incluye el tumor residual después de la radioterapia

externa o quimioterapia, y por último el CTV IR (clinical tumor volumen immediate risk) que incluye el CTV HR con un margen de seguridad de 10 mm.

Estudio 2: en el estudio 2, las técnicas de imagen utilizadas fueron pieza clave en distintas etapas del tratamiento, inicialmente se les realizó a los pacientes una resonancia magnética (RM) para definir el CTVHR y los OAR, posteriormente para las siguientes aplicaciones de braquiterapia se realizaron imágenes de tomografía computarizada (TC) para identificar el posible movimiento de estructuras anatómicas o del aplicador. Las imágenes de TC fueron comparadas con la imagen inicial de la RM utilizando como punto de referencia al aplicador, con esto se logró una precisión de 1mm. Esta comparación o alineación de las imágenes permitió la proyección de los OAR en la TC sobre la RM y se requirió reajustar el tratamiento únicamente en 6 de los 38 pacientes.

Estudio 3: en el estudio 3 se realizó un plan de optimización mediante la interfaz de optimización interactiva (IOI). Una vez terminado mediante la herramienta DICOMRT se transfieren los datos a una herramienta para la planificación de braquiterapia llamada BrachyVision, este utiliza imágenes 3D para el desarrollo del plan; el cual utilizó las imágenes de Resonancia Magnética previamente realizadas que fueron utilizadas para el plan clínico aprobado y así poder comparar los resultados obtenidos con IOI.

Estudio 4: en el estudio 4 se recomienda la utilización de la tomografía computarizada para el de cáncer de endometrio postoperatorio. Esta técnica de imagen es utilizada para la planificación de dosis de las áreas a tratar y también para la simulación de las fuentes de radiación, facilitando la reconstrucción del implante en el planificador. Luego, en el software de planificación se contornean los órganos a riesgo y el volumen de tratamiento clínico (CTV). En el caso del cáncer de vulva también se orienta a utilizar la tomografía computarizada para la realización de la braquiterapia, la técnica empleada para la braquiterapia consiste en un implante intersticial utilizando agujas o tubos plásticos. Primeramente, se marca la piel en el área a tratar y la trayectoria de las agujas, pudiendo colocarse marcas fiduciales para facilitar el contorneo de los volúmenes en la planeación con tomografía computarizada. Se insertan las agujas paralelas siguiendo el sistema de París luego

reemplazadas por catéteres de plásticos fijados a la piel. Opcionalmente, se usa un cilindro vaginal para complementar la dosis o proteger la mucosa vaginal. Previo a la realización de la planificación con la técnica de imagen mencionada, se colocan fuentes simuladas para realizar los cortes con el mínimo espesor posible alrededor de 2-3 mm con el fin de una mayor precisión a la hora de colocar las fuentes simuladas.

La utilización de las técnicas imagenológicas durante la braquiterapia de cáncer de endometrio inoperable comienza al realizar una tomografía computarizada (TC) antes de la resonancia magnética (RM) para tener la certeza de colocar el implante en la posición correcta, además de utilizar la resonancia magnética para ver la extensión tumoral macroscópica (GTV) y los órganos a riesgo (OAR). En cuanto a las técnicas imagenológicas durante la braquiterapia de cáncer de cérvix empiezan su integración midiendo la extensión tumoral macroscópica (GTV) y órganos a riesgo mediante una resonancia magnética antes de la inserción del aplicador. Una vez colocado el aplicador de manera cuidadosa en la posición correcta dentro de la paciente, se realiza una resonancia magnética para su reconstrucción y nuevamente se realiza una medición de la extensión tumoral macroscópica (GTV), en esta imagen también se puede observar el tumor, órganos a riesgo y cualquier necesidad que requiera el oncólogo radiólogo. Cabe mencionar que antes de la realización de la braquiterapia se recomienda una adquisición de imagen de resonancia magnética para escoger el aplicador adecuado para la paciente. En el cáncer de vagina, las técnicas imagenológicas durante la braquiterapia comienzan a integrarse midiendo la extensión tumoral macroscópica (CTV) y órganos a riesgo mediante una Resonancia Magnética antes de la inserción del aplicador. Para este tratamiento se integran marcas fiduciales en la imagen de resonancia magnética para delimitar con más precisión la lesión, debido a posibles deformaciones en la exploración provocadas por el aplicador.

Estudio 5: en el tratamiento de la braquiterapia de alta tasa de dosis para el cáncer cervical localmente avanzado, la imagenología juega un rol importante desde la introducción de la resonancia magnética (RM) previa al tratamiento para evaluar el tumor y los órganos en riesgo.

Antes de administrarle radiación a los pacientes con el tratamiento de braquiterapia se les realizó a cada uno de ellos una RM en secuencias T2 para observar la extensión del tumor y su relación con las regiones cercanas que se encuentran en buen estado, esta evaluación es importante para determinar el volumen clínico a tratar y para estructurar un plan de cómo será la colocación del aplicador. En la primera sesión de Braquiterapia se llevó a cabo una tomografía computarizada con el fin de evaluar la adecuada colocación del aplicador o tándem, además se realizó una RM adicional para evaluar la existencia de pequeños porcentajes de células cancerosas con el aplicador ya colocado. Los volúmenes objetivos CTV-HR (High risk clinical target volume) que es el área propensa a la reaparición de cáncer, porque aún existe tumor visible, es decir el cuello uterino y el CTV-IR (Intermediate risk clinical target volume) que es el área donde puede existir un tumor no visible, fueron identificados en la primera aplicación de braquiterapia y en el diagnóstico respectivamente.

Técnica imagenológica utilizada con mayor frecuencia en braquiterapia de alta tasa de dosis para cáncer ginecológico (en esta parte se anotarán las tecnologías utilizadas en los estudios y los motivos, para luego identificar la que se utilizó con mayor frecuencia).

Estudio 1: se utilizó la TC ya que no disponían de equipos de RM en la institución hospitalaria. Para el trazado de los contornos la TC al igual que la RM son métodos adecuados para la determinación de los OAR (órganos a riesgo), sin embargo, la delimitación de los volúmenes blanco en la TC puede sobrestimar la dimensión transversal del tumor y por tanto el volumen tratado en comparación con la RM. Por lo que, posteriormente, al adquirir una unidad de RM han comenzado a utilizar esta modalidad de imagen para la planificación de la BT.

Estudio 2: se utilizaron 2 técnicas imagenológicas la RM y la TC. La RM fue útil para la planificación inicial de la primera fracción debido a su alta resolución de tejidos blandos, por otro lado, la TC se utilizó en las fracciones posteriores para verificar la posición del aplicador y evaluar posibles desplazamientos anatómicos, mediante el registro rígido de imágenes con la RM inicial.

Estudio 3: la técnica de imagen utilizada fue la resonancia magnética, debido a su precisión anatómica y contraste de los tejidos blandos. Se realizó la planificación de la braquiterapia con

BrachyVision, el cual utilizo la imagen de resonancia magnética para realizar la planificación de la braquiterapia, también es compatible con las distintas técnicas de imagen. Para el tratamiento de cánceres ginecológicos la técnica de imagen utilizada por elección es la resonancia magnética, debido a su precisión anatómica, su imagen de alta resolución y contraste de tejidos blandos.

Estudio 4: en el estudio 4 se insta el uso de tomografía computarizada para el cáncer de endometrio postoperatorio. Con las imágenes proporcionadas por esta técnica de imagen, se contornean los órganos a riesgo, el volumen clínico tumoral y se realiza la dosimetría del tratamiento. También se realiza la reconstrucción del implante mediante fuentes simuladas. En el cáncer de vulva antes del procedimiento se realiza una simulación del tratamiento con fuentes simuladas, y se sugiere el uso de la Tomografía Computarizada para la planificación, la delimitación de los órganos a riesgo (OAR), el volumen tumoral macroscópico (GTV) o el volumen de tratamiento clínico (CTV) en caso de haber una cirugía previa.

La resonancia magnética (RM) es la técnica de elección tanto para el cáncer de endometrio inoperable, el cáncer de cérvix y el cáncer de vagina, debido a su precisión en la detección de variaciones en los tejidos, siendo de gran importancia en la delimitación de los órganos a riesgo (OAR) y la extensión tumoral. En cuanto a el cáncer de vagina, primeramente, se realiza un topograma de la vagina para tener una referencia visual sobre la extensión del tumor y los límites de este. Si bien, para el uso de la resonancia magnética, los marcadores convencionales de radiología no son compatibles, por ello no se permite la visualización de la trayectoria de la fuente radiactiva. Para esto se ha desarrollado marcadores específicos para la resonancia magnética, los marcadores son catéteres que contienen diversos materiales, los cuales se insertan en los canales de los aplicadores plásticos, permitiendo la visibilidad necesaria de la trayectoria de la fuente. En cuanto al cáncer de vagina la deformación del aplicador puede cambiar lo que se ve en la exploración, por lo que se utilizan marcas fiduciales visibles en la resonancia magnética para ayudar a delimitar la lesión.

Estudio 5: se utilizó la RM ya que se considera la técnica de imagen esencial para determinar el volumen tumoral en el cáncer cervical localmente avanzado, esta proporciona una imagen detallada

del tumor en diversos planos lo que permite establecer con mayor claridad y precisión los volúmenes objetivos para planificar adecuadamente el tratamiento de la braquiterapia adaptativa guiada por imágenes.

Discusión

Nuevas tecnologías de aplicación de braquiterapia de alta tasa de dosis

La braquiterapia es un tratamiento que se utiliza para erradicar tumores en cualquier parte del cuerpo y se suele utilizar en conjunto con otras técnicas como la radioterapia externa, quimioterapia o cirugía, o inclusive se puede utilizar como tratamiento paliativo. Con el paso del tiempo se han introducido nuevas técnicas para potenciar el tratamiento, como la braquiterapia guiada por imagen 3D, donde se incorporan las tecnologías de imagen para guiar la colocación de los aplicadores (5). Esta técnica fue utilizada en la mayoría de los estudios consultados, pero cada uno con ligeras variaciones.

En el caso del estudio 1, se utilizó la braquiterapia guiada por imágenes con planificación 3D (BTGI3D) y técnica adaptativa con volúmenes blanco modificados por la respuesta del tumor al tratamiento. Los autores señalaban que diversos estudios reportaron una mejoría en la sobrevida en las pacientes tratadas con BTGI3D comparada con BT (braquiterapia) convencional. Además, mencionaron que a pesar de la crisis de salud que enfrentan en Venezuela, se hizo posible la aplicación de esta técnica, con ligeras adaptaciones como pasar de un régimen de 4 implantes úterovaginales de 7 Gy a 2 implantes con una dosis de 9 a 10 Gy, con una semana de intervalo, esto debido al elevado número de pacientes atendidos.

En este estudio al igual que en el estudio 5 se menciona la utilización de la braquiterapia 3D. Esta es una técnica sencilla que brinda resultados alentadores a los pacientes, sus imágenes se basan en la tomografía computarizada y/o resonancia magnética. En la braquiterapia 3D las dosis se prescriben a volúmenes, en lugar de utilizar puntos de referencias (7).

Algunos de los conceptos empleados en este estudio a modo de criterios de validación son la sobrevida global (SG), sobrevida causa específica (SCE) y toxicidades agudas y crónicas. El diccionario médico de la Clínica Universidad de Navarra (8) indica que estos son conocidos como

indicadores de los resultados clínicos y de la eficacia de las intervenciones médicas y que la SG representa el porcentaje de pacientes vivos cinco años después del inicio del tratamiento. La SCE o supervivencia por causa específica brinda información sobre la causa de muerte, ya que en esta medida no se incluyen los pacientes que mueren por otras causas no relacionadas con la enfermedad (9.). Se reportaron cifras de SG de 77,1 % y SCE de 78,8 %, las cuales representan cifras alentadoras. Las complicaciones agudas por la braquiterapia son descritas como leves, en la mayoría de los casos, disuria.

Para el estudio 2 se utilizó igualmente la braquiterapia de alta tasa de dosis guiada por imágenes, pero con la utilización de la tecnología de aplicación única multifraccionada, la cual es definida por Chopra et al. (10), como una modalidad del tratamiento de braquiterapia en la que la dosis total de radiación se entrega en corta duración de tiempo y en varias sesiones sin necesidad de retirar el aplicador de la paciente. En este estudio fue administrada la braquiterapia de aplicación única multifraccionada como un complemento de la radioterapia externa, la duración del tratamiento de braquiterapia fue de 48 horas, divididas en 3 sesiones o fracciones (una fracción de 9 Gy el día 1 y 2 fracciones de 7 Gy con un espacio de tiempo entre ambas de al menos 6 horas el día 2), para cumplir este objetivo las pacientes permanecieron una noche en el centro hospitalario, el resultado fue alentador con una respuesta positiva en el 95 % de las pacientes.

De acuerdo con los autores, los resultados indican que la braquiterapia de alta tasa de dosis guiada por imágenes dividida en sesiones sin retirar el aplicador entre ellas, es viable en centros médicos que puedan administrar dosis mayores a 85Gy al volumen objetivo clínico de alto riesgo (HRCTV) porque es aquí donde puede volver a surgir la aparición del cáncer según Bandyopadhyay et al. (11), es por ello que se necesitan estas dosis mayores para desaparecer por completo el tumor. Además, se encontró que, si el tiempo total del tratamiento supera las 7 semanas (es decir se extiende a una octava semana el tratamiento) se necesitará una dosis adicional de 5Gy al 90 % del HRCTV, para mantener la eficacia del tratamiento.

Por otro lado, los criterios de validación en este estudio 2 coinciden con algunos de los empleados en el estudio 1. Mencionan que la supervivencia libre de enfermedad (SLE), que se puede definir como el tiempo en el que un paciente sobrevive sin signos de enfermedad posterior al tratamiento (12), fue de un 85 %. De igual manera indican que la supervivencia global (SG) fue de un 94,5 %. Lo cual es positivo ya que representa una supervivencia posterior al tratamiento de la gran mayoría de los pacientes, las cifras de SG del estudio 2 resultaron superiores a las cifras demostradas por el estudio 1, ambos estudios incluyeron pacientes con estadios que presentan un mayor avance del cáncer, sin embargo, las dosis administradas en el estudio 2 fueron superiores en comparación a las del estudio 1, estas variaciones pudieron haber influido en las cifras de SG.

En el estudio 3, la planificación en la braquiterapia guiada por imágenes se realiza utilizando una interfaz de optimización interactiva (IOI). El cual permite al usuario modificar los parámetros del tratamiento mediante una herramienta gráfica, que emplea algoritmos de optimización y controles interactivos, asegurando que el tumor reciba la dosis adecuada y minimizar la exposición de los órganos a riesgo. Una vez se obtuvo un plan satisfactorio con la interfaz de optimización interactiva (IOI) se compara con los valores del plan clínicamente aprobado, transfiriendo los datos obtenidos a BrachyVision mediante datos DICOM RT. Según Law et al. (13) DICOM RT es un standard que facilita la integración e intercambio eficiente de datos entre distintos equipos y sistemas de radioterapia, optimizando el flujo de trabajo. También permite el uso de imágenes diagnósticas DICOM en los procesos de radioterapia. Por otro lado, BrachyVision es un *software* de planificación utilizado para los tratamientos de Braquiterapia HDR y la Braquiterapia de Baja Tasa de Dosis (LDR), empleando imágenes de TC y RM para una planificación precisa. BrachyVision ha evolucionado continuamente desde sus inicios, consolidándose como un sistema de planificación versátil con una amplia trayectoria (14).

En el estudio 4 se aplicó la braquiterapia guiada por imágenes, donde las técnicas de imagen recomendadas fueron la Tomografía Computarizada (TC) y la Resonancia Magnética (RM). Para el cáncer de endometrio postoperatorio, se aconseja la utilización de la braquiterapia guiada por

imágenes con el uso de la TC. Los autores señalan diferentes esquemas de dosis propuesto por distintos para braquiterapia exclusiva (4-5 Gy en 6 fracciones, 4-5 Gy en 4 fracciones, 6 Gy en 3 fracciones) todos mostrando resultados similares, tanto en el control local del cáncer como en las complicaciones asociadas.

Para el cáncer de vulva, se sugiere la braquiterapia guiada por imágenes de TC, similar al mencionado anteriormente. La tasa de supervivencia en este tipo de cáncer presente una gran variabilidad que va en un rango entre el 19 % y el 94 % con un promedio aproximado de 46 %. La supervivencia global a 5 años se distribuye según la etapa del cáncer en: 90,45 % en el estadio I, 77 % en el estadio II, 51,3 en el estadio III, 18 % en el estadio IV.

En cuanto al cáncer de cérvix, se recomienda el uso de la braquiterapia guiada por imágenes de RM. Tras un seguimiento promedio de 51 meses por varias organizaciones reportaron los siguientes resultados en todos los estadios: 92 % en el control local global, 87 % en el control pélvico, 87 % en el control ganglionar, 68 % en la supervivencia libre de enfermedad y 74 % en la supervivencia global. Por otro lado, para el cáncer de vagina se implementa la braquiterapia guiada por imágenes de RM para la planificación detallada del tratamiento. Sin embargo, primero se utiliza la TC para la realización de un topograma, previo al tratamiento. Es importante destacar que no hay dosis ni fraccionamiento estándar para este tratamiento, por lo tanto, se basan en la braquiterapia de baja tasa (LDR). La Sociedad Americana de Braquiterapia (ABS) sugiere varias opciones de esquemas bastantes variados para la braquiterapia intersticial de vagina cuando se combina con radioterapia externa, ofreciendo dosis totales al volumen tumoral objetivo que oscilan entre 72,9 Gy y 81,5 Gy.

Con respecto al cáncer de endometrio inoperable, se lleva a cabo la braquiterapia guiada con planificación 3D con la técnica de imagen de resonancia magnética. En este tipo de cáncer la supervivencia global a 5 años (41-73 %) y la supervivencia específica (64-68 %) son similares entre los tratamientos de baja y alta tasa de dosis. Las probabilidades de supervivencia varían según la etapa de la enfermedad: 86 % en estadio IA, 68 % en el estadio IB, 60 % en el estadio II, 44 % en el estadio III y 14 % en el estadio IVA.

En cuanto al estudio 5 en este se utilizó la braquiterapia adaptativa guiada por imágenes. Los autores señalan que varios estudios demostraron que el uso de la braquiterapia guiada por resonancia magnética se asoció con un aumento en la tasa de control local, la cual representa la ausencia de células cancerosas o residuos de estas en cualquier parte del cuerpo según Chopra et al. (10), este control fue observado 3 años después en un aproximado del 71 % al 90 %, en tumores que al momento del diagnóstico eran mayores de 5 cm. y se reportó una disminución importante en las toxicidades tardías digestivas y urinarias grado 3-4. De igual manera estos estudios señalan que la braquiterapia 3D adaptada por resonancia magnética aumenta la sobrevida al 79 % y disminuye las toxicidades tardías en más del 50 %.

En este estudio al igual que en otros hacen referencia a la braquiterapia adaptativa guiada por imágenes, sin embargo, esto sería lo mismo que la braquiterapia guiada por imágenes, que es la realización del tratamiento de braquiterapia con apoyo o ayuda de técnicas imagenológicas como la TC y la RM (15, párr.8-13).

Para aplicar la braquiterapia de alta tasa de dosis (HDR) en el estudio 5 se utilizó la técnica de “remote afterloading”, este es un método que puede administrar por sí solo la fuente de radiación directo al tumor, de esta manera se logran resultados positivos, tanto para el paciente como para el personal médico, ya que utilizando este método se disminuye la exposición del personal y del tejido sano cercano al tumor, el primer paso para iniciar con el tratamiento es introducir el aplicador en el paciente, luego se utilizan unos tubos que se encuentran conectados a un equipo que contiene el material radiactivo, para entonces así administrar la radiación necesaria a cada paciente (16). Y para la planificación del tratamiento en este estudio al igual que en el estudio 3 se utilizó el sistema BrachyVision (versión 13.6).

Papel de la imagenología dentro del procedimiento de la braquiterapia de alta tasa de dosis

Los aplicadores son los dispositivos utilizados para administrar una dosis de radiación sobre el tumor. Entre los tipos de aplicadores para el tratamiento del cáncer ginecológico se encontraron las agujas intersticiales, los cilindros vaginales (ver figura 1), tándem con cilindros, con ovoides o con anillos, y aplicadores híbridos (17).

Figura 5.

Cilindros vaginales



Nota: imagen de autoría propia, tomada en el Instituto Oncológico Nacional de Panamá

La imagenología interviene de diferentes maneras dentro del procedimiento de la braquiterapia de alta tasa de dosis. Los estudios coinciden en la utilización de ultrasonido y tomografía computarizada, para la verificación del correcto posicionamiento de los aplicadores.

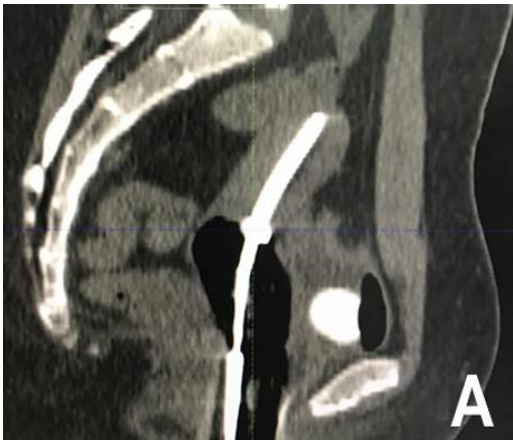
Antes de seleccionar el aplicador para el tratamiento de los cánceres ginecológicos es ideal contar con una evaluación precisa de la anatomía de cada paciente a tratar, la resonancia magnética es útil para conocer si el tumor ha invadido estructuras cercanas, lo cual es clave para conocer la extensión de la enfermedad, por ello se les realiza a las pacientes una RM para elegir el aplicador adecuado para cada caso. Además, estudios complementarios como la ecografía y la histeroscopia aportan detalles

morfológicos importantes sobre el tamaño y disposición del útero, toda esta información en conjunto es fundamental al momento de seleccionar el aplicador adecuado para el tratamiento.

Después de insertar el aplicador en el cuerpo de la paciente, se realiza una TC para verificar que el dispositivo se encuentre debidamente posicionado y que no existan desplazamientos de este, antes de administrarle radiación al paciente (ver figura 2). Además, la TC permite observar la proximidad del aplicador a los órganos sanos, lo cual es esencial para minimizar las dosis en estos tejidos, posteriormente estas imágenes se utilizan para planificar la distribución de dosis.

Figura 6.

Imagen de TC en corte sagital, para visualizar el correcto posicionamiento del tándem y ovoides en vagina de una paciente de 28 años con diagnóstico de cáncer cervical localmente avanzado en etapa IIC1.



Nota: tomado de braquiterapia adaptativa guiada por resonancia magnética para el cáncer cervical localmente avanzado: Experiencia del Hospital Carlos Van Buren, por Solís et al., 2020

Por otra parte, los estudios señalan que la RM y la TC, son utilizadas para la delimitación de los volúmenes blanco, es decir, los lugares que deben recibir radiación y los órganos en riesgo como el recto, vejiga y sigmoides (ver figura 3). Algunos estudios implementan la combinación de la RM y TC, donde utilizan la RM para la planificación inicial y posteriormente aplican la TC entre sesiones

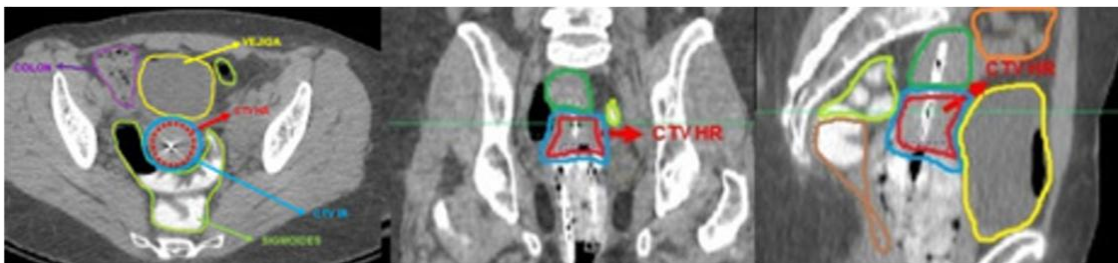
del tratamiento, las imágenes de TC se alinean junto a la imagen inicial de RM para verificar si se continúa entregando la dosis de manera segura y realizar ajustes en la planificación en caso de que exista un desplazamiento. Además, se indica que la RM es utilizada para la medición de la extensión tumoral macroscópica (GTV), antes y después de la colocación del aplicador. Por su parte, las imágenes de TC pueden iniciar su rol desde la planificación del tratamiento, ayudando a definir la cantidad de dosis y su distribución, facilitando así la posterior reconstrucción del implante en el planificador.

En el caso específico del cáncer de vagina, se utiliza la TC para realiza un topograma de vagina, obteniendo una orientación visual de la extensión del tumor y sus límites. Un topograma es una radiografía panorámica preliminar generado con una TC seleccionando áreas de interés. Este permite el cálculo de la dosis de radiación, ubicar tumores y cómo evolucionan durante el tratamiento (18).

En la braquiterapia, luego de la inserción del aplicador, con un *software* se diseña un plan de tratamiento para la distribución de la dosis de radiación de acuerdo a la anatomía y las características de cada paciente, el equipo médico se encarga de delinear manualmente los volúmenes blancos en las imágenes obtenidas, con el objetivo de entregar la mayor cantidad de dosis a estas áreas, sin afectar los órganos en riesgo para minimizar la aparición de efectos adversos.

Figura 7.

Delimitación de los volúmenes blanco de BTGI3D y de los OAR en los planos axial, coronal y sagital, por medio de una tomografía computarizada



Nota: tomado de braquiterapia guiada por imagen con planificación 3D en cáncer de cuello uterino. Experiencia preliminar, por Urdaneta et al., 2024

Algunos estudios mencionan la utilización de la secuencia T2 de resonancia magnética en el proceso del tratamiento para cáncer ginecológico, la cual es útil para detectar tejidos con alto contenido de agua como los tumores, resaltándolos en la imagen de manera brillante o hiperintensos. En este contexto, es necesario recordar que la RM utiliza campos magnéticos y ondas de radio para la creación de imágenes detalladas del interior del cuerpo, las cuales son generadas por la respuesta de los núcleos de los átomos del cuerpo a los campos magnéticos. Cuando los protones son excitados por el equipo de RM empiezan a girar de manera coordinada y con el pasar del tiempo comienzan a girar de manera descoordinada, el tiempo que demoran en perder la sincronía es considerado como relajación T2, mientras más prolongada sea esta relajación, mayor será la intensidad registrada en la imagen, y de esta forma se muestran de manera óptima los líquidos y las alteraciones (19).

Cabe señalar que uno de los estudios incorpora el uso de las marcas fiduciales en la resonancia magnética para el tratamiento del cáncer de vagina y vulva, ya que la RM no capta los marcadores radiopacos. Según Academia Lab (20) un marcador fiducial es un objeto visible en imágenes médicas que sirve como un elemento orientado o punto de referencia. En radioterapia y radiocirugía, el uso de las marcas fiduciales asisten a localizar de manera precisa el lugar de tratamiento, estas suelen utilizarse en resonancia magnética y tomografía computarizada.

Otro aspecto relevante en la braquiterapia es la utilización de sistemas de planificación dosimétrica o *software*. En este contexto, de acuerdo con los estudios 3 y 5 el sistema BrachyVision desarrollado por Varian Medical Systems, es compatible con el registro de imágenes de TC y RM, con las cuales el equipo médico puede delimitar los volúmenes blanco y los órganos en riesgo, además de optimizar la distribución de las dosis de radiación, su uso guiado por la imagenología permite realizar el tratamiento de una manera segura y precisa para cada paciente, aumentando la eficacia de la braquiterapia y disminuyendo la afectación de órganos sanos.

Técnica imagenológica utilizada con mayor frecuencia en braquiterapia de alta tasa de dosis para cáncer ginecológico

La técnica imagenológica de preferencia para la delimitación de los volúmenes blanco (CTV y GTV) y de los órganos de riesgo sería la (RM). Para esta planificación también se utiliza la tomografía computarizada, sin embargo, se expondrá a continuación, las razones por las que se prefiere el uso de RM.

En el estudio 1, aplicaron el uso de tomografía computarizada por no tener a disposición un equipo de RM, y mencionaron que el para el trazado de los contornos la TC al igual que la RM son métodos adecuados para la determinación de los OAR (órganos a riesgo), sin embargo, la delimitación de los volúmenes blanco en la TC puede sobrestimar la dimensión transversal del tumor y, por tanto, el volumen tratado en comparación con la RM. Por esto, una vez adquirido el equipo de RM se comenzó a utilizar para esta función.

Además, otros estudios (2 al 5) alegan su utilidad a la una mayor resolución de tejidos blandos y precisión anatómica, siendo esto de gran importancia para la delimitación de los OAR y la extensión o volumen tumoral. Concretamente, en el estudio 4, describen el empleo de las técnicas de TC y RM, según el tipo de cáncer ginecológico como lo son el cáncer de endometrio postoperatorio, cáncer de endometrio inoperable, cáncer de cérvix, cáncer de vagina y cáncer de vulva. Según sea el caso, se puede preferir una técnica u otra e incluso utilizarlas de manera combinada, como en el caso del cáncer de endometrio inoperable, donde se puede comenzar realizando un TC para tener la certeza de que se ha colocado el implante en la posición correcta y posteriormente con una RM para delimitar la extensión tumoral macroscópica (GTV) y los órganos a riesgo (OAR). De igual manera, la técnica de RM está indicada para cáncer de cérvix y cáncer de vagina, debido a su precisión en la detección de variaciones en los tejidos, ya que al utilizar TC puede resultar complicado diferenciar el cuello del cuerpo del útero, así como distinguir el cérvix de los tejidos que lo rodean.

En el caso del cáncer de vagina, la RM permite ver el tamaño y morfología del útero, así como define los límites entre el final del cérvix y el inicio del endometrio e implementan marcas fiduciales como

ayuda en la delimitación de los límites de la lesión tumoral para evitar errores de cálculo por las posibles deformaciones causadas por el aplicador. Con referencia al estudio 5, los autores relacionan la Braquiterapia guiada por RM con un aumento en la tasa de control local, la cual representa la ausencia de enfermedad residual del 71 % al 90 % a los 3 años para los tumores mayores de 5 cm en el momento del diagnóstico y se reportó una disminución importante en las toxicidades tardías digestivas y urinarias grado 3-4.

Sin embargo, a pesar de los beneficios de la utilización de RM, esta técnica posee ciertas características que limitan su uso, como lo pueden ser su limitada disponibilidad en ciertos centros médicos por lo costoso de su instalación y mantenimiento, la necesidad de personal capacitado, la adquisición y el uso de accesorios compatibles con RM como podrían ser camillas especiales, ya que se deben evitar materiales ferromagnéticos que podrían ser atraídos por el campo magnético y pueden ser peligrosos durante la RM. Entre los artículos que pueden representar un peligro durante una RM están: ciertos marcapasos cardíacos, broches vasculares colocados para prevenir el sangrado de los vasos sanguíneos, algunas bombas para medicamentos implantadas o externas, ciertos implantes cocleares, catéteres con componentes metálicos, algún tipo de fragmento metálico, entre otros.

También se menciona la técnica de ultrasonido como guía para la inserción de los aplicadores, sin embargo, esta no es una técnica funcional para la planificación como si es el caso de la TC y RM.

Conclusiones

Los resultados de esta investigación llevaron a la conclusión de que la imagenología forma parte fundamental en la planificación del tratamiento de braquiterapia de alta tasa de dosis en cáncer ginecológico, como primer paso para la evaluación previa del paciente que permite conocer la extensión de la enfermedad, las características anatómicas propias del paciente, lo cual es necesario para la elección del aplicador adecuado. Posteriormente se utilizan las tecnologías de imagen para guiar la inserción del aplicador y corroborar su correcto posicionamiento. Estas imágenes también son necesarias para determinar la cantidad de dosis y la distribución de esta. Además, se requerirán

para la delimitación de los volúmenes blanco como el volumen tumoral macroscópico (GTV) o el volumen de tratamiento clínico (CTV), y de los órganos a riesgo (OAR).

Con respecto a los avances en la braquiterapia de alta tasa de dosis como tratamiento para el cáncer ginecológico, se observa que con el paso del tiempo se han introducido nuevas técnicas para potenciar el tratamiento, así es como se ha desarrollado la braquiterapia guiada por imagen 3D (BTGI3D). Los autores hacen referencia a otros estudios donde reportaron una mejoría en la supervivencia en las pacientes tratadas con BTGI3D comparada con la braquiterapia convencional, cuya afirmación se respalda en las cifras alentadoras de SG y SLE, llegando a ser incluso mayores al 85-90%.

Otra técnica consiste en la tecnología de aplicación única multifraccionada, en la que la dosis total de radiación se administra en varias sesiones o fracciones sin retirar el aplicador, en un periodo de tiempo corto. De acuerdo con los autores, los resultados indican que la braquiterapia guiada por imágenes de alta tasa de dosis dividida en sesiones sin retirar el aplicador entre ellas, es viable en centros médicos que puedan administrar dosis mayores a 85Gy al volumen objetivo clínico de alto riesgo (HRCTV).

La interfaz de optimización interactiva (IOI), el DICOM RT y BrachyVision forman parte de los avances tecnológicos en imagenología que aportan a la optimización del tratamiento. La interfaz de optimización interactiva (IOI) es un sistema que permite al usuario ajustar los parámetros del tratamiento. Con sus algoritmos y controles interactivos se ajustan a las prioridades de asegurar la dosis adecuada al tumor y limitar la exposición de los órganos a riesgo (OAR). Una vez se obtuvo un plan satisfactorio con la interfaz de optimización interactiva (IOI), se transfirieron a través de datos DICOM RT hacia BrachyVision, para realizar la comparación de valores en los resultados del planeamiento de la braquiterapia. BrachyVision es un software de planificación que utiliza las imágenes de tomografía computarizada (TC) y resonancia magnética (RM) para una planificación precisa de los tratamientos. Para determinar la eficiencia de estos sistemas, se emplean los criterios D2cc y D90. Estos criterios de validación se utilizan para comparar los resultados del plan clínicamente aprobado con el desarrollado con la interfaz de optimización interactiva (IOI). En el estudio 3 se mostró una reducción del D2cc en comparación con el plan clínicamente aprobado y en

cuanto al D90, el plan desarrollado con la interfaz de optimización interactiva y el plan clínico aprobado mostraron resultados casi idénticos.

La TC al igual que la RM son métodos adecuados para la determinación de los OAR y para la delimitación de los volúmenes blanco, sin embargo, los autores resaltan la preferencia sobre la RM por ofrecer una mayor resolución de tejidos blandos y precisión anatómica. Según el tipo de cáncer ginecológico, se puede preferir una técnica u otra e incluso utilizarlas de manera combinada, como en el caso del cáncer de endometrio inoperable, donde se puede comenzar realizando un TC para tener la certeza de que se ha colocado el implante en la posición correcta y posteriormente con una RM para delimitar la extensión tumoral macroscópica (GTV) y los órganos a riesgo (OAR). También se menciona la técnica de ultrasonido como guía para la inserción de los aplicadores, sin embargo, esta no es una técnica funcional para la planificación como si es el caso de la TC y RM.

Referencias

1. WHO. (2024). Cervical cancer. Obtenido de World Health Organization: https://www.who.int/health-topics/cervical-cancer#tab=tab_1
2. Urdaneta, N., Reyes, R., Abreu, P., Aguirre, L., Rodríguez, H., Lira, L., y otros. (2024). BRAQUITERAPIA GUIADA POR IMÁGENES CON PLANIFICACIÓN 3D EN CÁNCER DE CUELLO UTERINO. EXPERIENCIA PRELIMINAR. *Revista Venezolana de Oncología* , 37 (1), 16-36.
3. Mahantshetty, U., Gurram, L., Bushra, S., Ghadi, Y., Aravindakshan, D., Paul, J., y otros. (2021). Single Application Multifractionated Image Guided Adaptive High-Dose-Rate Brachytherapy for Cervical Cancer: Dosimetric and Clinical Outcomes. *International Journal of Radiation Oncology - Biology - Physics* , 111 (3), 826-834.
4. Liu, H., Ma, C. M., Jia, X., Shen, C., Klages, P., & Albuquerque, K. (2021). Interactive Treatment Planning in High Dose-Rate Brachytherapy for Gynecological Cancer. arXiv. doi:<https://doi.org/10.48550/arXiv.2109.05081>

5. Roviroso, À., Samper, P., & Villafranca, E. (Enero de 2022). Braquiterapia 3D guiada por la imagen. Obtenido de Sociedad Española De Oncología Radioterápica: https://seor.es/wp-content/uploads/2023/01/AAFF_Braquiterapia_libro.pdf
6. Solís, J. A., Olivares, J., Tudela, B., Veillon, G., Perrot, I., & Lazcano, G. (2020). Braquiterapia adaptativa guiada por resonancia magnética para el cáncer cervical localmente avanzado: Experiencia del Hospital Carlos Van Buren. *Revista Chilena de Obstetricia y Ginecología*, 85 (6), 604-616.
7. ONCOSERVICE. (s.f.). Braquiterapia de Alta Tasa de Dosis – 3D Conformada. Obtenido de ONCOSERVICE: <https://oncoservice.bo/braqui-3d/#:~:text=Braquiterapia%203D%20se%20define%20como,a%20los%20tejidos%20sanos%20proximos>
8. Clínica Universidad de Navarra. (2023). Técnica de imagen digital. Obtenido de Clínica Universidad de Navarra: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/tecnica-de-imagen-digital#:~:text=La%20t%C3%A9cnica%20de%20imagen%20digital%20en%20medicina%20es%20un%20avance,procesar%20y%20visualizar%20im%C3%A1genes%20m%C3%A9dicas>.
9. NIH Instituto Nacional del cáncer. (s.f.). Diccionario de cáncer del NCI. Obtenido de <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/supervivencia-por-causa-especifica>
10. Chopra, S., Mulani, J., Mittal, P., Singh, M., Shinde, A., Gurrām, L., y otros. (2 de Noviembre de 2022). Early outcomes of abbreviated multi-fractionated brachytherapy schedule for cervix cancer during COVID-19 pandemic. Obtenido de National Library Of Medicine : <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9626438/>
11. Bandyopadhyay, A., Ghosh, K. A., Chhatui, B., & Das, D. (14 de Abril de 2021). Dosimetric and clinical outcomes of CT based HR-CTV delineation for HDR intracavitary brachytherapy

- in carcinoma cervix — a retrospective study. Obtenido de National Library of Medicine: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8241309/>
12. Fundación Instituto Roche. (s.f.). Actualización en investigación clínica Glosario de términos. Obtenido de Fundación Instituto Roche: https://www.institutoroche.es/jornadas/static/jornadas/archivos/Glosario_EECC_seminario_FIR-ANIS.pdf
 13. Law, M. Y., Liu, B., & Chan, L. W. (2009). Informatics in radiology: DICOM-RT-based electronic patient record information system for radiation therapy. *RadioGraphics* , 29 (4), 961-72.
 14. Sandwall, A. P., Feng, Y., Platt, M., Lamba, M., & Mahalingam, S. (2018). Evolution of brachytherapy treatment planning to deterministic radiation transport for calculation of cardiac dose. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958394718300323>
 15. Bobadilla, I. A., & Martínez Pérez, D. A. (2023). BRAQUITERAPIA, UN TRATAMIENTO DE ALTA PRECISIÓN CONTRA EL CÁNCER. *Revista Momentos* , párr. 8-13.
 16. Kadirus, A. S., Othman, A. S., & Ridzuan, A. N. (Enero de 2023). Remote Afterloading Technology: A Short Review. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/371873840_Remote_Afterloading_Technology_A_Short_Review
 17. Rayos Contra Cancer. (6 de Junio de 2022). Sesión 9 - Aplicadores y usos. Fabiola Valencia enseña Sesión 9 - "Aplicadores y usos" del curso de HDR Braquiterapia para físicos médicos, organizado por Rayos Contra Cancer .
 18. Clínica Universidad de Navarra. (2023). Topograma. Obtenido de Clínica Universidad de Navarra: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/topograma>

19. Mafraji, A. M. (Noviembre de 2023). Resonancia Magnética. Obtenido de Manual MSD:
<https://www.msmanuals.com/es/professional/temas-especiales/principios-de-estudios-por-la-imagen-radiol%C3%B3gicas/resonancia-magn%C3%A9tica>
20. Academia Lab. (16 de Mayo de 2025). Academia Lab. Obtenido de Marcador fiducial:
<https://academia-lab.com/enciclopedia/marcador-fiducial/>

Anexo 8. Indexación del artículo a la revista científica Saluta.

Saluta

← Volver a Envíos

Enviar un artículo

1. Inicio 2. Cargar el envío 3. Introducir los metadatos 4. Confirmación 5. Sigüientes pasos

Se ha subido su envío y ya está listo para ser enviado. Puede volver atrás para revisar y ajustar la información que desee antes de continuar. Cuando esté listo haga clic en "Finalizar envío".

Finalizar envío Cancelar

[Saluta] Acuse de recibo de envío Recibidos x

Magdy De las Salas Barroso saluta@umecit.edu.pa a través de [metabiblioteca.es](#) 21:51 (hace 0 minutos) ☆ 😊 ↶ ⋮

para mí ▾

Traducir al español X

Ana Gabriela Bambú Jaén:

Gracias por enviar el manuscrito, "Avances en la aplicación de braquiterapia de alta tasa de dosis en pacientes con cáncer ginecológico: revisión teórica y enfoque imagenológico" a Saluta. Con nuestro sistema de gestión de revistas en línea, podrá iniciar sesión en el sitio web de la revista y hacer un seguimiento de su progreso a través del proceso editorial:

URL del manuscrito: <https://revistas.umecit.edu.pa/index.php/saluta/authorDashboard/submission/1806>

Nombre de usuario/a: anagbambu

En caso de dudas, contacte conmigo. Gracias por elegir esta revista para publicar su trabajo.

Magdy De las Salas Barroso

Responder Reenviar 😊

Saluta

Envíos

Mi lista 1 Archivos Ayuda

Mis envíos asignados Filtros Nuevo envío

1806	Bambú Jaén	Avances en la aplicación de braquiterapia de alta tasa de dosis en pacientes con cáncer ginecológico: re...	Envío	Ver	▾
------	------------	---	-------	-----	---