



Braquiterapia:
radioterapia específica de alta precisión

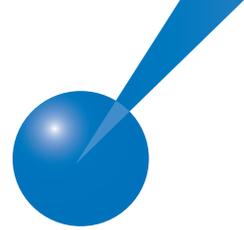


Porque la vida es para vivirla

Índice

Resumen	3
Introducción	4
Radioterapia: objetivos actuales y futuros	5
Resumen de la braquiterapia	6
• Braquiterapia: radioterapia específica de alta precisión	6
Tipos de braquiterapia	7
Dosis de la braquiterapia	7
Resultados de eficacia y seguridad de la braquiterapia; beneficios para el paciente	8
• Braquiterapia para el cáncer ginecológico	8
• Braquiterapia para el cáncer de próstata	9
• Braquiterapia para el cáncer de mama	12
• Braquiterapia para otros tipos de cáncer	14
• Braquiterapia para la administración de cuidados paliativos	15
Braquiterapia: líder de referencia en la tecnología de radiación	15
• Ventajas: base técnica y de costes	15
• Los continuos avances en braquiterapia proporcionan una mayor eficiencia y mejores resultados	16
Rentabilidad: uso eficiente de los recursos sanitarios	17
Conclusiones	19
Glosario	20
Referencias	21





Resumen

La radioterapia es un pilar básico en la atención médica para el cáncer: en este artículo se revisa la función de la braquiterapia (radioterapia específica de alta precisión) para el tratamiento del cáncer, y trata acerca de cómo ofrece una opción de tratamiento de radiación efectiva y con buena tolerancia que se adapta a las necesidades y preferencias de cada paciente.

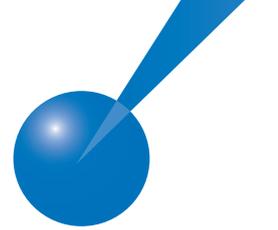
La braquiterapia combina dos objetivos fundamentales de la radioterapia: una dosis efectiva para el tumor y la conservación del tejido que lo rodea.

La braquiterapia está a la vanguardia de la innovación en radioterapia. Los sistemas informáticos avanzados de planificación de tratamientos y administración asistida por imágenes mejoran la eficacia y los resultados, así como la aceptación por parte del paciente. Esto se consigue mediante la colocación de una fuente radioactiva dentro de un tumor o en la zona adyacente mediante aplicadores especialmente diseñados y dispositivos de administración remotos controlados por ordenador. De esta forma, es posible administrar una dosis de radiación personalizada a la zona de destino con un elevado nivel de precisión, a la vez que se minimiza la exposición no deseada de los tejidos y órganos sanos circundantes. Las experiencias y conocimientos adquiridos a partir de una extensa investigación y práctica clínicas demuestran las siguientes ventajas principales de la braquiterapia:

- La braquiterapia **se utiliza en todo el mundo para el tratamiento de una amplia variedad de tipos de cáncer** y otras enfermedades. Braquiterapia es el tratamiento estándar para el cáncer de cuello uterino y una parte importante de las directrices de tratamiento para otros tipos de cáncer como el de próstata, mama, piel, cabeza y cuello y cuello
- Entre los datos que respaldan su eficacia se encuentran los siguientes:
 - *Cáncer de cuello uterino*: una alternativa igual de efectiva que la cirugía (histerectomía) en un estadio temprano de la enfermedad
 - *Cáncer de próstata*: diversos estudios a largo plazo demuestran que la eficacia de la braquiterapia es equiparable a la de la cirugía (prostatectomía radical) o la radioterapia de haces externos (EBRT, por sus siglas en inglés)
 - *Cáncer de mama*: cuando se utiliza como terapia "de superposición" para la EBRT los índices de control locales son similares a los de la cirugía (mastectomía)

- La capacidad de la braquiterapia para administrar altas dosis de radiación durante un corto periodo de tiempo permite **a los pacientes finalizar el tratamiento en cuestión de días en lugar de semanas**, como en el caso de la EBRT. Por ejemplo, un tratamiento de braquiterapia con una alta tasa de dosis (HDR, por sus siglas en inglés) para un cáncer de próstata puede administrarse en dos sesiones de tratamiento, en contraste con el periodo de varias semanas necesario con la EBRT. Esto podría repercutir de forma importante en el seguimiento del tratamiento de radioterapia por parte del paciente, además de tener un impacto mínimo en su vida
- **En líneas generales, la braquiterapia tiene una buena tolerancia y un perfil de toxicidad favorable** para muchas de sus aplicaciones, en gran parte debido a la conservación de los tejidos. Los episodios adversos son similares o mejores que con otras modalidades de tratamiento, como sucede con el cáncer de cuello uterino, próstata y mama. En el cáncer de próstata, por ejemplo, el uso de la braquiterapia genera a largo plazo menos problemas de intestino, vejiga o disfunción eréctil
- En un momento en que la presión sobre los recursos sanitarios es cada vez mayor, la reducción de la duración global del tratamiento y el creciente uso del ámbito ambulatorio para su administración, como es el caso de la braquiterapia, constituyen un método efectivo para reducir costes y hacer un uso más eficiente de los recursos. Además, **la braquiterapia requiere una menor inversión en infraestructura a nivel global que las nuevas formas de EBRT, como la terapia de protones**, y ofrece la oportunidad de aprovechar al máximo los recursos existentes de un departamento de radioterapia (por ej., reducir la congestión de uso del acelerador lineal).

La braquiterapia cumple todos los objetivos de la radioterapia moderna actual: perfil de alta eficacia y baja toxicidad, tecnología de vanguardia, alto nivel de aceptación por parte de los pacientes, rentabilidad y opciones de tratamiento personalizadas.



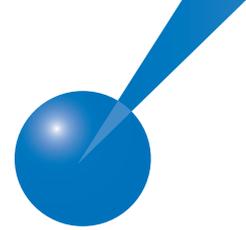
Introducción

Durante más de un siglo, la radioterapia ha sido una parte esencial del tratamiento contra el cáncer. Con el paso de los años, el objetivo de este tratamiento ha evolucionado desde la mera preservación de la vida a la curación de la enfermedad, manteniendo la funcionalidad y la calidad de vida. Hoy en día, los importantes avances en el campo de la radiación y la tecnología de creación de imágenes permiten administrar la radiación de forma precisa y específica, con un alto nivel de personalización y rentabilidad.

Los datos de este artículo demuestran que la braquiterapia es una modalidad de radioterapia específica de alta precisión con importantes beneficios para el paciente. Pone de manifiesto de qué manera, gracias a las nuevas técnicas y tecnologías, permanece en la primera línea de la innovación en la radioterapia y la atención oncológica modernas. En el artículo también se explora cómo, en contraste con las nuevas tecnologías (como la terapia de protones), los costes de instalación e infraestructura son más bajos y convierten a la braquiterapia en una opción atractiva para los presupuestos sanitarios, que se ven sobrepasados por la creciente carga que representa la asistencia oncológica.

La braquiterapia combina dos objetivos fundamentales de la radioterapia: una dosis efectiva en el tumor y la conservación del tejido que lo rodea.¹ **100 años de experiencia y 14.000 artículos en los últimos 50 años avalan la eficacia de la braquiterapia y su excelente perfil de seguridad.** La braquiterapia moderna aprovecha los avances científicos y tecnológicos de la radioterapia en beneficio de los pacientes que sufren algunos de los tipos de cáncer más comunes. La braquiterapia puede utilizarse por sí sola, como tratamiento curativo o paliativo. También puede utilizarse como complemento de otras formas de tratamiento contra el cáncer, como la EBRT o la cirugía, lo que la convierte en una opción de tratamiento para un número cada vez mayor de tipos de cáncer y pacientes.

“Durante la pasada década se produjeron importantes innovaciones técnicas en el campo de la braquiterapia que revolucionaron su uso en el tratamiento de pacientes con tumores malignos. Actualmente se encuentra en la primera línea de la radioterapia para el cáncer de próstata, el cáncer de mama y el cáncer ginecológico.”



Radioterapia: objetivos actuales y futuros

Pese al creciente número de pacientes y tipos de cáncer tratados con radioterapia, los tratamientos son cada vez más personalizados.

En los últimos años, el desarrollo de nuevos fármacos para tratar el cáncer ha sido el centro de atención. No obstante, la radioterapia continúa siendo un pilar importante de la atención oncológica. **Entre un 50 y un 60% de los pacientes con cáncer reciben radioterapia como parte de su tratamiento.**^{3,4} Con un cálculo estimado de 1,6 millones de nuevos casos de cáncer en Norteamérica y 3,4 millones en Europa en 2008,⁵ es evidente que cada vez más personas confían en la radioterapia como parte de su programa de tratamiento. La incidencia del cáncer a nivel mundial aumentará debido principalmente al crecimiento y el envejecimiento de la población global. La International Agency for Research on Cancer (IARC, Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer) prevé que en 2030 habrá 26,4 millones de nuevos casos de cáncer en comparación con los 12,4 millones de 2008.⁵ Las evaluaciones en materia de radioterapia realizadas recientemente en Europa han subrayado la necesidad de instalaciones adicionales para hacer frente a la demanda de tratamiento prevista.^{3,6} **Por tanto, la radioterapia desempeñará un papel fundamental en la atención oncológica en los próximos años.**

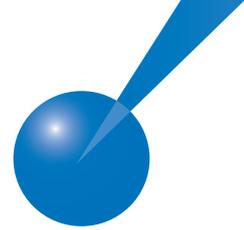
Como tratamiento curativo, la radioterapia por sí sola ha demostrado ser una opción eficaz en los estadios tempranos de la enfermedad; por ejemplo, en el cáncer de próstata o de cuello uterino y en el cáncer de pulmón de células no pequeñas (Tabla 1).⁷ Cada vez es más habitual combinar la radioterapia con cirugía y/o quimioterapia como parte de un programa de tratamiento multimodal.⁷ La radioterapia también desempeña una función importante en la administración de cuidados paliativos, mejorando la calidad de vida de los pacientes.

A pesar de los beneficios reconocidos de la radioterapia, su uso presenta algunos retos importantes. El acceso al tratamiento y su seguimiento por parte de los pacientes, así como las disparidades entre las distintas zonas geográficas y los distintos subgrupos de pacientes son factores que conducen a la infrautilización de la radioterapia. La duración del tratamiento, el número de visitas al hospital y la calidad de vida durante y después de la terapia son factores importantes que se deben tener en cuenta a la hora de reducir la carga del tratamiento sobre los pacientes, así como la necesidad de lograr que la radioterapia se pueda adaptar a sus necesidades y preferencias individuales.

Radioterapia solamente (cáncer en estadio temprano)	Radioterapia como parte de un régimen terapéutico	
Próstata	Pecho	Cabeza y cuello (avanzado)
Cuello uterino	Cuello de útero (localmente avanzado)	Sarcomas de tejido blando
Cabeza y cuello	Endometrio	Diversos tumores del SNC (por ej., glioma)
Pulmón de células no pequeñas	Pulmón (localmente avanzado)	Diversos tumores pediátricos (por ej., tumor de Wilms)
Piel (células basales y escamosas)	Rectal y anal	Linfomas de Hodgkin/no Hodgkin
Linfoma de Hodgkin	Vejiga	

Tabla 1. Función de la radioterapia como tratamiento curativo contra el cáncer (adaptado de Connell and Hellman, 2009)⁷

La braquiterapia aborda muchos de los problemas y necesidades de la radioterapia moderna y proporciona nuevas oportunidades importantes para la atención oncológica.



Resumen de la braquiterapia

El desarrollo de métodos de braquiterapia más innovadores es fundamental para mejorar las opciones de tratamiento disponibles para los pacientes con cáncer, ofreciendo un concepto de tratamiento más centrado en el paciente. Gracias a las últimas técnicas informatizadas de planificación y creación de imágenes, la braquiterapia ofrece una radioterapia específica de alta precisión, que ofrece buenos resultados de eficacia y tolerabilidad, además de una duración más corta de los tratamientos.

La braquiterapia se utilizó por primera vez como tratamiento frente al cáncer hace más de 100 años, cuando se implantaba radio en los tumores, y su nombre procede del griego y significa “cerca” o “cerca de”.^{7,8} Durante los últimos 20 a 30 años se han ido perfeccionado las técnicas de EBRT y braquiterapia con la incorporación de los avances de tecnología informática y creación de imágenes en el proceso de planificación y tratamiento. Estos avances han resultado ser muy útiles a la hora de mejorar la calidad de la braquiterapia que se ofrece a los pacientes con cáncer. También se han desarrollado recientemente otras técnicas de radioterapia externa, como la radioterapia de intensidad modulada (IMRT, por sus siglas en inglés), la radiocirugía estereotáctica (SRS, por sus siglas en inglés) y la terapia con haz de protones, aunque estos tratamientos implican un coste mayor de instalación y administración y no son fácilmente accesibles.^{7,9}

Braquiterapia: radioterapia específica de alta precisión

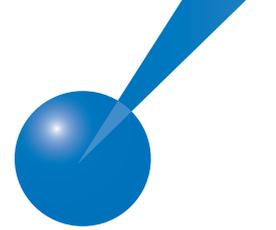
Al contrario que la EBRT, que administra una fuente de radiación externa a través de tejido sano (“desde fuera hacia dentro”), **la braquiterapia administra la dosis radioactiva directamente en el interior del tumor o en la zona adyacente (“desde dentro hacia fuera”)**. Los dispositivos de carga diferida remotos controlados por ordenador colocan una pequeña fuente radioactiva, cuya actividad es efectiva en distancias muy cortas, dentro de aplicadores diseñados especialmente para su administración en la zona de destino, con gran precisión. Esto permite administrar de forma precisa una dosis de radiación personalizada a la zona de destino, a la vez que se minimiza la exposición no deseada de los tejidos y órganos sanos circundantes; lo que se denomina “radioterapia conformada”. Además, la propia naturaleza de la física de la braquiterapia ayuda a reducir al mínimo la exposición de los tejidos sanos. La braquiterapia depende de la “ley del cuadrado inverso”, que establece que alrededor de una fuente de radiación, la “disminución” de la dosis es igual a la distancia al cuadrado. Así pues, los tejidos que rodean el tumor tratado reciben una dosis mucho menor que la indicada por otros métodos de radiación.

Beneficios de administrar la radiación “desde dentro hacia afuera”:

- La dosis de radiación se administra de forma precisa en la zona tumoral de destino
- Conservación del tejido: la radiación de la dosis es mínima en los tejidos sanos normales
- Menor duración del tratamiento
- Permite intensificar la dosis de forma segura y efectiva
- Menor exposición a la radiación para los profesionales de la salud
- Costes de atención médica reducidos

El concepto de intensificación de la dosis (es decir, aumentar la dosis de radiación para maximizar el efecto clínico y biológico frente a los tumores) es un objetivo importante de todos los tipos de radioterapia. No obstante, aumentar la dosis adecuadamente, pero no a costa de dañar los tejidos sanos y causar toxicidad, ha sido un importante reto. La esencia fundamental de administrar radiación “desde dentro hacia afuera” permite lograr la intensificación de la dosis con la braquiterapia, ya sea como terapia única o combinada con EBRT.

Las características fundamentales de la braquiterapia se traducen en beneficios tangibles para los pacientes y los servicios sanitarios. La braquiterapia se puede administrar durante un periodo de tratamiento más corto, lo que reduce al mínimo las interrupciones del tratamiento y permite que los pacientes vuelvan a su vida cotidiana en menos tiempo. Asimismo, el tratamiento tiene una buena tolerancia y ayuda a conservar la calidad de vida, además de permitir reducir el uso de los recursos sanitarios y los costes asociados.



Tipos de braquiterapia

La braquiterapia ofrece un alto nivel de flexibilidad, adaptando la colocación de la fuente radioactiva, la tasa de dosis y la duración del tratamiento al tipo de tumor y su ubicación, así como al paciente individual.

La braquiterapia puede caracterizarse según tres factores principales: (1) la colocación de la fuente, (2) la duración del tratamiento y (3) la tasa de dosis (Tabla 2).¹⁰ La braquiterapia puede ser de contacto o intersticial, dependiendo de la colocación de la fuente. En la braquiterapia de contacto, la fuente radioactiva se coloca cerca del tumor, bien en una cavidad corporal (intracavitaria, por ej., el cuello del útero), en un lumen (intraluminal, por ej., la tráquea) o externamente (braquiterapia de superficie, por ej., la piel). En la braquiterapia intersticial, la fuente se coloca dentro del tejido afectado, como sucede con el cáncer de mama. La fuente puede colocarse provisionalmente en el tejido de destino durante el tiempo que se calcula que dure el tratamiento y retirarse posteriormente, o bien se puede implantar de forma permanente en la zona de tratamiento y esperar a que se deteriore (por ej., en la braquiterapia con semillas permanentes para el tratamiento del cáncer de próstata). La braquiterapia también se describe en función de la tasa de dosis empleada: baja, media o alta (Tabla 2). Las fuentes de baja o alta tasa de dosis (LDR o HDR, por sus siglas en inglés) pueden utilizarse en implantes provisionales, como es el caso del cáncer de cuello de útero;^{11,12} en los implantes permanentes, las fuentes (¹²⁵I, ¹⁰³Pd) administran dosis totales altas a una baja tasa de dosis (< 0,4 Gy/h).¹³

Característica	Tipo	Descripción	Ejemplo(s) clínico(s)
Colocación de la fuente	Intersticial	La fuente se coloca dentro del tumor	Mama, próstata
	Contacto	La fuente se coloca junto al tumor	Cuello de útero, tráquea, piel
Duración	Permanente	La fuente se implanta de forma permanente	Implantes de semilla para la próstata
	Provisional	La fuente se implanta durante el tiempo que dure el tratamiento	La mayoría de los tratamientos de braquiterapia son provisionales para una amplia variedad de tipos de cáncer
Tasa de dosis	Alta	> 12 Gy/hora	Mama, cuello de útero, próstata, piel
	Medium (media)	De 2 a 12 Gy/hora	Cuello de útero
	Baja	De 0,4 a 2 Gy/hora	Próstata, oral

Tabla 2. Características de la braquiterapia: colocación de la fuente, duración del tratamiento y tasa de dosis¹⁰

Dosis de la braquiterapia

El alto grado de flexibilidad en las dosis permite una mayor personalización del tratamiento. Además, se acorta la duración global del programa de tratamiento, en muchos casos de semanas a días, por lo que se reducen los trastornos ocasionados en la vida del paciente.

La capacidad de la braquiterapia de administrar altas dosis de radiación durante un corto periodo de tiempo es importante de cara a la eficacia del tratamiento, ya que tanto la dosis de radiación total como la tasa de administración de la dosis influyen en la destrucción de las células cancerosas. Cuando se administra una dosis de tratamiento durante un corto intervalo de tiempo se destruye un mayor número de células cancerosas, y aunque la braquiterapia HDR logra un efecto destructor similar al de la braquiterapia LDR o la EBRT, la dosis total es significativamente inferior.¹³ Un periodo de terapia más corto también permite controlar mejor el tumor, ya que las células tienen menos oportunidades de reproducirse entre los tratamientos.¹⁴ La rápida disminución de la dosis de la fuente radioactiva aumenta a medida que aumenta la distancia de la zona tumoral, lo que se traduce en una menor toxicidad en los tejidos sanos circundantes.

El corto periodo de tratamiento de la braquiterapia puede ayudar a garantizar la administración total de la dosis; con los tratamientos prolongados, como la EBRT estándar, las probabilidades de no seguir el plan de tratamiento son mayores.

La combinación de braquiterapia y EBRT también puede utilizarse para administrar las altas dosis de tratamiento necesarias cuando la enfermedad está en fase más avanzada. De esta forma, **se administra la dosis más elevada necesaria para un mejor control del tumor, a la vez que se reduce el mayor riesgo de toxicidad en los tejidos de alrededor** propio de la EBRT (administrada individualmente). Otros métodos, como la IMRT o la EBRT con refuerzo de protones, también están diseñados para la administración de altas dosis, pero la inversión suele ser más elevada.¹⁵



Resultados de eficacia y seguridad de la braquiterapia; beneficios para el paciente

La braquiterapia es una opción de tratamiento eficaz que se utiliza a nivel mundial en una amplia variedad de tipos de cáncer y otras enfermedades (Figura 1). La braquiterapia es el tratamiento estándar para el cáncer de cuello de útero y se utiliza ampliamente en el cáncer de próstata. También se utiliza en una amplia variedad de tipos de cáncer distintos como el cáncer de mama, de piel, anal y rectal, y de cabeza y cuello.¹⁰

Diversas organizaciones, como la American Brachytherapy Society (ABS, Sociedad Americana de Braquiterapia), la American Society of Radiation Oncology (ASTRO, Sociedad Americana de Radio-Oncología), la European Society for Therapeutic Radiology and Oncology (ESTRO, Sociedad Europea de Radioterapia y Oncología), y la National Comprehensive Cancer Network (NCCN, Red Nacional Integral del Cáncer) respaldan el uso de la braquiterapia en sus directrices de tratamiento. Además, numerosas publicaciones aportan pruebas significativas sobre su eficacia y seguridad.

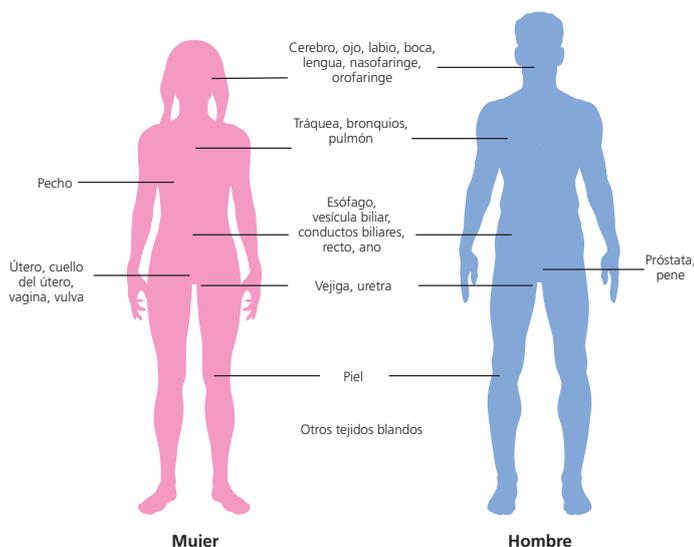


Figura 1. Zonas del cuerpo donde puede utilizarse la braquiterapia para tratar el cáncer

Braquiterapia para el cáncer ginecológico

Durante mucho tiempo, la braquiterapia ha sido el tratamiento estándar para el cáncer ginecológico. Actualmente, innovadoras tecnologías, como la braquiterapia adaptable guiada por imágenes, están estableciendo nuevos criterios de referencia para el tratamiento.

Un estudio sobre los “perfiles de tratamiento” realizado en EE. UU., puso de manifiesto que más del 90% de las pacientes con cáncer de cuello de útero se trataron con EBRT más braquiterapia.¹⁶ En el caso del cáncer de endometrio, la braquiterapia normalmente se combina con cirugía, pero también es una opción para las enfermedades no operables, además de ser la opción de tratamiento estándar para el cáncer vaginal, a menudo combinada con EBRT en los estadios más avanzados.

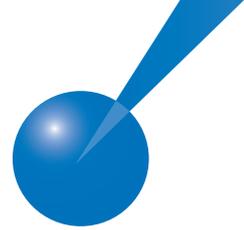
Beneficios principales en el cáncer ginecológico:

- Eficacia comparable: tanto la braquiterapia LDR como la HDR han demostrado una eficacia similar a la de la cirugía
- Menor toxicidad en el recto y la vejiga
- Comodidad para el paciente: la braquiterapia HDR se puede administrar en el ámbito ambulatorio
- La menor duración del tratamiento se traduce en un mejor nivel de aceptación por parte de los pacientes y en costes de atención médica más reducidos

Cáncer ginecológico: eficacia

Las braquiterapias LDR y HDR ofrecen índices de recurrencia similares a los de la cirugía para el cáncer de cuello uterino en un estadio temprano, lo que supone una verdadera alternativa a la histerectomía.

La braquiterapia ofrece una alternativa igual de efectiva que la cirugía (histerectomía) para el cáncer de cuello uterino en un estadio temprano (estadios IA2 y IB1), y es un tratamiento estándar para el cáncer con gran masa tumoral (estadio IB2) o localmente avanzado (estadios IIA - IVA), normalmente combinado con EBRT y quimioterapia.¹⁷ Las braquiterapias intracavitarias LDR y HDR se utilizan para tratar el cáncer de cuello uterino. En un meta-análisis reciente que compara las braquiterapias HDR y LDR no se ha observado una diferencia significativa en la mortalidad global entre los dos tratamientos (HDR, 35,1%; LDR, 34,1%; cociente de probabilidades 0,96) durante un periodo de seguimiento mediano de cinco años.¹⁸ Los índices de mortalidad no variaron en función del tratamiento para los subgrupos de pacientes con enfermedad en estadio I, II o III, y la recurrencia local es similar en los dos tratamientos. Las variaciones mostradas en los resultados de las braquiterapias LDR y HDR en pacientes con la enfermedad en estadio III sugieren que la braquiterapia LDR puede ser más aconsejable para los tumores grandes y voluminosos.¹⁹



Cáncer ginecológico: seguridad y tolerabilidad de la paciente

Tanto la braquiterapia LDR como la HDR provocan menor toxicidad y menos complicaciones relacionadas con el recto y la vejiga.

La braquiterapia HDR para el cáncer de cuello de útero se desarrolló hace más de 30 años y se utiliza de forma generalizada en Europa y Asia.¹⁸ La tasa de dosis más alta (> 12 Gy/h) en comparación con la braquiterapia LDR (de 0,2 a 4 Gy/h) significa que la **braquiterapia HDR puede administrarse en el ámbito ambulatorio**, mientras que la LDR requiere la hospitalización del paciente.¹⁹ El aplicador de dosis debe estar colocado menos tiempo, lo que es más cómodo para el paciente y reduce la necesidad de anestesia.² Eso reduce también el riesgo de desplazamiento del aplicador durante el tratamiento, evitando que aumente la dosis en los órganos de alrededor.¹⁸ Su objetivo es lograr que los pacientes acepten mejor la terapia reduciendo la duración del tratamiento y el periodo de hospitalización.

Parece que la tolerabilidad del tratamiento es similar en las braquiterapias LDR y la HDR. Varios factores influyen en la tolerabilidad del tratamiento en el cáncer de cuello uterino, incluida la EBRT y la quimioterapia, y es importante controlar la dosis en el recto y la vejiga para reducir la toxicidad del tratamiento.¹⁹ En un meta-análisis se observó un índice de complicaciones igual de bajo en relación con el recto, la vejiga o el intestino con la braquiterapia LDR y la HDR.¹⁸ Las braquiterapias LDR y HDR proporcionan una opción de tratamiento efectivo y bien tolerado para pacientes con un estadio menos avanzado de la enfermedad.

Braquiterapia para el cáncer de próstata

Los recientes avances en el campo de la braquiterapia la han convertido en una opción de tratamiento precisa y práctica para pacientes con enfermedad de riesgo bajo, intermedio y alto. Tanto la braquiterapia LDR (implantación de semillas permanentes) como la HDR se utilizan para tratar el cáncer de próstata.

La braquiterapia ofrece a los pacientes una opción de tratamiento altamente individualizada, de eficacia demostrada, con un perfil de toxicidad favorable, menos efectos secundarios y un coste más bajo que las nuevas formas de terapia EBRT.

Beneficios principales en el cáncer de próstata:

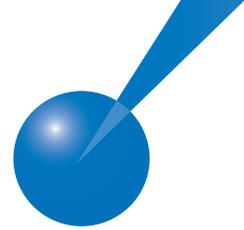
- Eficacia equiparable (índices de control del cáncer) a la de la EBRT y la cirugía
- Duración mucho menor del tratamiento en comparación con la EBRT (días en lugar de semanas), que se traduce en una mejor aceptación por parte del paciente
- Permite intensificar la dosis de forma efectiva a la vez que se reduce la toxicidad
- Menor incidencia de episodios adversos relacionados con la función urinaria y sexual en comparación con la cirugía y baja incidencia de episodios adversos en el intestino en comparación con la EBRT
- Más rentable que otras formas de radioterapia

Cáncer de próstata: eficacia

Los índices de supervivencia de cinco años demuestran que la braquiterapia tiene la misma efectividad que la EBRT o la cirugía en el cáncer de próstata.

Cáncer de próstata: eficacia – Braquiterapia LDR

Se ha demostrado que la braquiterapia tiene una eficacia equiparable a la de la prostatectomía radical y la EBRT en pacientes con cáncer de próstata. En pacientes de bajo riesgo (es decir, tumor en estadio T1 - T2a, grado de Gleason < 6 y valor de PSA < 10 ng/ml), los estudios realizados en EE. UU. y Europa con braquiterapia LDR notificaron índices de control bioquímico duraderos del 87 al 94% durante un periodo de seguimiento de 10 años.²⁰ Estos resultados son comparables a los índices obtenidos con la cirugía y más favorables que con la EBRT.¹ Un estudio comparativo en pacientes con la enfermedad en estadio T1 - T2 puso de manifiesto unos índices similares de supervivencia libre de recaída bioquímica (bRFS, por sus siglas en inglés) durante un periodo de cinco años para braquiterapia, prostatectomía radical, EBRT o braquiterapia combinada con EBRT (77 - 83%), aunque la EBRT con dosis inferiores a 72 Gy demostró ser menos efectiva (51%).²¹ En comparación con los pacientes de bajo riesgo emparejados que se trataron en un único centro, la braquiterapia mostró índices de bRFS superiores en cinco años con respecto a la EBRT (94% frente al 88%).¹⁵



La braquiterapia LDR como monoterapia se considera la mejor opción para los pacientes de bajo riesgo para maximizar la eficacia y minimizar la morbilidad, aunque también puede utilizarse en combinación con terapias hormonales o EBRT.²⁰

También se ha demostrado la efectividad de la braquiterapia LDR en pacientes de riesgo intermedio (es decir, grado de Gleason de 7, valor PSA de 10 a 20 o un tumor palpable en estadio T2). Aunque la braquiterapia por sí sola puede producir buenos resultados en pacientes de riesgo intermedio, generalmente es preferible combinarla con una terapia antiandrogénica o una EBRT complementaria en pacientes con un perfil de riesgo menos favorable.²⁰ Un análisis de bRFS durante un periodo de 15 años tras la administración de braquiterapia combinada con EBRT mostró índices similares para los pacientes de riesgo intermedio (80%) y los de bajo riesgo (88%).²² En otros estudios también se ha observado un índice de bRFS a largo plazo del 80 al 89%, similar al de los pacientes de bajo riesgo.^{23,24} Los resultados obtenidos en diversos estudios avalan el éxito de la braquiterapia LDR (sola o combinada con terapia hormonal o EBRT complementaria) en pacientes de bajo riesgo o riesgo intermedio (Tabla 3).²⁰

Grupo de riesgo		
Riesgo bajo	Riesgo intermedio	Seguimiento mediano
84 - 98%	74 - 95%	<5 años
82 - 96%	63 - 89%	≥5 años

Tabla 3. Índices libres de recurrencia bioquímica tras la braquiterapia LDR en pacientes con cáncer de próstata de riesgo bajo e intermedio (adaptado de Koukourakis *et al.*, 2009)²⁰

Cáncer de próstata: eficacia – Braquiterapia HDR

En los últimos años, **se ha desarrollado la braquiterapia HDR como tratamiento para el cáncer de próstata de riesgo intermedio y elevado.** La braquiterapia HDR utiliza la implantación provisional de una fuente^{19,21} para administrar la dosis de radiación en la zona de tratamiento de destino. La braquiterapia HDR permite administrar la dosis precisa, ya que el volumen clínico de destino se determina después de implantar los catéteres para la fuente e impedir el movimiento de los órganos, lo que reduce la necesidad de márgenes de seguridad adicionales.^{13,20} Además, la radiación se puede colocar en el tejido extraprostático para tratar la enfermedad en un estadio más avanzado.²⁰ Se ha notificado una ausencia de bRFS del 89 al 100% para la braquiterapia HDR como monoterapia en pacientes de riesgo bajo e intermedio, un resultado más favorable que el observado en los implantes permanentes de la braquiterapia LDR, aunque los periodos de seguimiento hasta la fecha han sido más cortos que

los de los estudios de LDR.¹³ Existen más datos en relación con la braquiterapia HDR combinada con EBRT, con índices de bRFS en 5 a 10 años que oscilan entre el 93 y el 100% para pacientes de bajo riesgo, y entre el 82 y el 100% para pacientes de riesgo intermedio (Tabla 4).¹³ La variación fue mayor en los índices para individuos de riesgo alto o muy alto, normalmente entre el 60 y el 80%, aunque también se notificaron índices por encima del 90%.¹³ Globalmente, estos resultados fueron más favorables que los de la EBRT o la EBRT combinada con braquiterapia LDR, lo que sugiere que la braquiterapia HDR es una opción importante para los pacientes de riesgo de intermedio o alto.

Grupo de riesgo			
Riesgo bajo	Riesgo intermedio	Riesgo alto/muy alto	Conclusión (actuarial)
96 - 100%	85 - 100%	67 - 97%	5 años
93 - 98%	82 - 92%	62 - 71%	10 años

Tabla 4. Índices de ausencia de recaída bioquímica tras la braquiterapia HDR combinada con EBRT en pacientes con cáncer de próstata (adaptado de Pisansky *et al.*, 2009)¹³

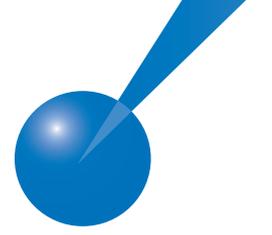
Bajo: tumor de fase T1-T2a; grado de Gleason de 2 a 6; PSA < 10 ng/ml, **Intermedio:** tumor en estadio T2b - T2c; grado de Gleason de 7; PSA de 10 a 20 ng/ml, **Alto:** tumor en estadio T3a; grado de Gleason de 8 a 10; PSA > 20 ng/ml, **Muy alto:** tumor en estadio T3b - T4; cualquier grado de Gleason; cualquier PSA.

Cáncer de próstata: seguridad y tolerabilidad del paciente

La intensificación de la dosis es un factor clave en el cáncer de próstata, ya que estudios recientes sugieren que aumentar la dosis de tratamiento de 64 a 70 Gy a 74 a 80 Gy aumenta el índice de respuesta en pacientes con la enfermedad localmente avanzada.^{25,26} No obstante, el aumento de la dosis con la EBRT convencional suele estar asociado a una mayor toxicidad en la vejiga y el recto, lo que pone de relieve la necesidad de métodos de tratamiento alternativos. Se han desarrollado técnicas de EBRT avanzadas, como la IMRT y la terapia con haz de protones, para la administración de dosis más altas con una gran conformidad del tejido, pero la inversión y los costes de infraestructura son elevados.^{9,15}

Como ya se ha dicho anteriormente, la braquiterapia, ya sea por sí sola o combinada con EBRT, ofrece una opción efectiva. Permite administrar altas dosis de tratamiento específicamente en el volumen del tumor, evitando los órganos en riesgo.

Los episodios adversos relacionados con el tratamiento del cáncer de próstata son especialmente angustiosos para muchos pacientes y pueden afectar a las funciones urinaria, gastrointestinal y sexual. En general, se ha demostrado que la braquiterapia causa menos complicaciones adversas que la EBRT y la cirugía.



Respecto a la **función urinaria**, algunos pacientes pueden experimentar una toxicidad genitourinaria aguda, que normalmente disminuye con el tiempo.²⁷ El índice de incontinencia urinaria a largo plazo asociada a la braquiterapia es bajo^{26,28,29} y normalmente afecta a entre un 5 y un 6% de los pacientes.²⁶ **En comparación con la prostatectomía radical, la braquiterapia implica un menor riesgo de incontinencia urinaria a largo plazo** (Figura 2).²⁹

Respecto a la **función gastrointestinal**, en diversos estudios comparativos con pacientes emparejados se ha observado **que la toxicidad gastrointestinal es más frecuente con la EBRT que con la braquiterapia** (Figura 3).^{15,30} En un ensayo de seguimiento a largo plazo (siete años de media), realizado con 325 hombres sometidos a un tratamiento de braquiterapia para la próstata, se observó una baja incidencia de hemorragia rectal (el 2,8% de los pacientes en cinco años de seguimiento) y no se notificaron casos de úlceras rectales o fístulas.²⁸

La incidencia de **disfunción eréctil** depende de diversos factores, incluido el nivel de función eréctil antes del tratamiento, la edad, el uso de supresión androgénica, y otras comorbilidades, incluidas diabetes, hipertensión o historial de tabaquismo. Aproximadamente entre un 15 y un 30% de los pacientes puede sufrir disfunción eréctil tras la braquiterapia.^{26,30} No obstante, es importante destacar que **el riesgo de disfunción eréctil después de la braquiterapia es menor que tras la prostatectomía radical**.³¹

También se han realizado estudios para evaluar las diferencias en materia de efectos secundarios y toxicidad, mediante escalas de **calidad de vida** asociada a la enfermedad. Al igual que la EBRT y la prostatectomía radical, la braquiterapia está asociada a efectos adversos en la función urinaria, irritación y molestias durante los primeros meses posteriores al tratamiento, aunque los resultados vuelven a niveles similares a los iniciales a los 12 meses.^{27,31}

En un estudio, se midió durante un periodo de seguimiento de dos años la calidad de vida de 614 hombres que recibieron braquiterapia, EBRT o prostatectomía radical. Para evaluar la función urinaria, intestinal, sexual y hormonal, así como las molestias, se utilizó el cuestionario EPIC (Expanded Prostate Cancer Index Composite). La puntuación de EPIC para cada dominio abarca de 0 a 100, siendo la puntuación más alta la que indica una mejor calidad de vida.

La funcionalidad sexual resultó ser peor tras la prostatectomía radical o la EBRT que tras la braquiterapia (Figura 4).³¹ Los pacientes también mostraron peores resultados de incontinencia urinaria después de la prostatectomía radical que tras la braquiterapia, y la evaluación del funcionamiento intestinal obtuvo peores resultados tras la EBRT que tras la braquiterapia.³¹

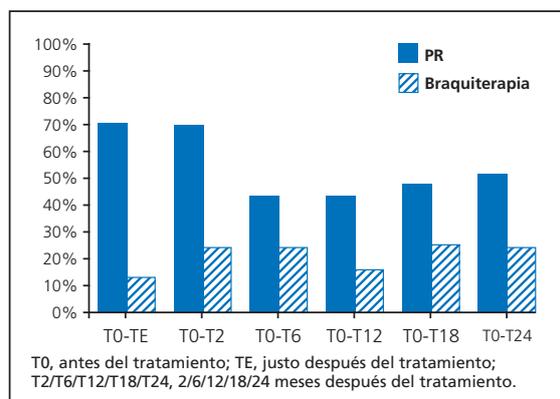


Figura 2. Porcentaje de pacientes que experimentaron empeoramiento de la incontinencia urinaria con respecto a niveles anteriores al tratamiento tras una prostatectomía radical o braquiterapia LDR para el cáncer de próstata²⁹

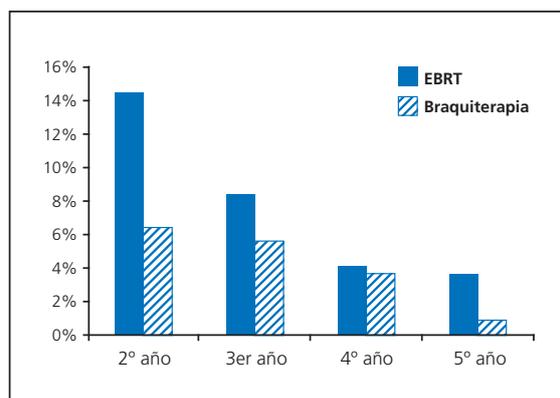


Figura 3. Índices de prevalencia de toxicidad gastrointestinal tardía de nivel 2 tras la EBRT o la braquiterapia LDR en pacientes con cáncer de próstata¹⁵

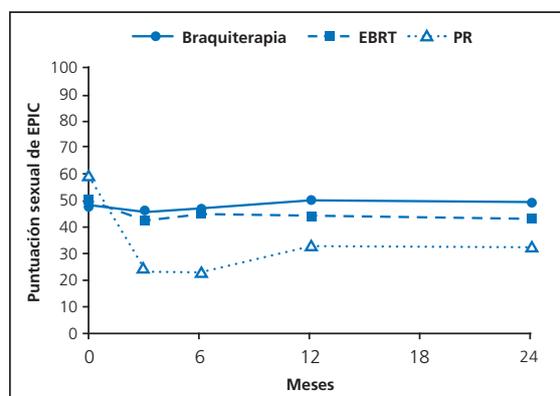
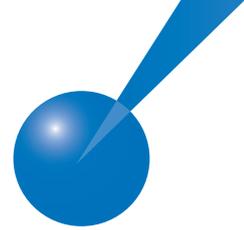


Figura 4. Puntuaciones de calidad de vida de EPIC asociadas a funciones sexuales tras la braquiterapia, la EBRT o la cirugía en pacientes con cáncer de próstata³¹



Cáncer de próstata: tratamiento cómodo con un uso eficiente de los recursos sanitarios

La duración total de la braquiterapia es inferior a la de la EBRT

Además, la braquiterapia ofrece programas de tratamiento considerablemente más cortos que la EBRT. En la EBRT, las dosis totales de tratamiento de 70 a 80 Gy se administran en fracciones diarias de aproximadamente 2 Gy, normalmente cinco días a la semana durante un periodo aproximado de siete semanas.²⁶ En cambio, la dosis total de tratamiento de 38 a 54 Gy de la braquiterapia HDR se administra en cuatro o seis fracciones (de 6 a 9,5 Gy por fracción) en una o dos visitas.¹³ En cambio, en la braquiterapia LDR las últimas técnicas de planificación y aplicación permiten la implantación permanente de semillas en un solo paso.²

En comparación con la EBRT, que normalmente requiere de cinco a siete semanas de tratamiento, el tratamiento de braquiterapia puede realizarse en cuestión de días:

- Las técnicas de braquiterapia LDR modernas permiten realizar la implantación de semillas en una sola visita
- La braquiterapia HDR normalmente puede administrarse en cuatro a seis fracciones durante una o dos visitas.

Braquiterapia para el cáncer de mama

Los buenos resultados de eficacia y perfiles de episodios adversos, así como la comodidad de una duración más corta del tratamiento, permiten ofrecer a más mujeres la opción de recibir una terapia de conservación mamaria personalizada, con un seguimiento mayor de la radioterapia, incluida la braquiterapia, frente a la mastectomía.

Actualmente la braquiterapia se utiliza ampliamente como terapia “de sobreimpresión” junto con la EBRT tras la cirugía, pero a medida que avanzan las técnicas, se utiliza cada vez más como alternativa a la EBRT de la mama completa tras la cirugía de conservación de la mama.³²

Beneficios principales para el cáncer de mama:

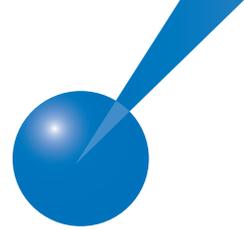
- Índices de eficacia comparables a los de la cirugía y la EBRT
- Resultados estéticos de buenos a excelentes, similares a los de la EBRT
- Importantes beneficios para la paciente: menor duración del tratamiento mejora la calidad de vida y el seguimiento del tratamiento

Cáncer de mama: eficacia

Cuando se utiliza como terapia “de sobreimpresión” o mediante el método intersticial como alternativa a la EBRT, la braquiterapia ofrece índices de eficacia comparables a los de la EBRT.

En el cáncer de mama en estadio temprano, la terapia de conservación mamaria (BCT, por sus siglas en inglés) ofrece una eficacia comparable a la de la mastectomía, pero con mejores resultados estéticos. En diversos estudios a largo plazo se han observado índices comparables de mortalidad global y por cáncer de mama tras un periodo de seguimiento de 20 años.^{33,34} En la BCT, tras la extracción quirúrgica del tumor y un margen circundante (lumpectomía) se procede a la irradiación completa de la mama (WBI, por sus siglas en inglés) mediante EBRT, normalmente durante un periodo de seis semanas.^{35,36} La radioterapia es un componente importante de la terapia de conservación mamaria; los índices de recurrencia local y de mortalidad por cáncer de mama son considerablemente menores en pacientes que reciben radioterapia.³⁷

En muchos casos, se administra una dosis de radiación adicional (“de sobreimpresión”) en el lecho y margen quirúrgicos mediante braquiterapia o EBRT. Esto aumenta la eficacia del tratamiento y reduce el riesgo de recurrencia local si se compara con pacientes que reciben WBI pero “sin sobreimpresión”.³⁸ Diversos estudios han demostrado que **la braquiterapia intersticial como tratamiento “de sobreimpresión” ofrece una buena eficacia con índices de control local (normalmente**



inferiores al 10%) comparables a los del tratamiento “de sobreimpresión” externo.^{39,40} En estudios recientes también se han observado buenos resultados estéticos con la braquiterapia HDR.

El prolongado programa de radioterapia necesario para la WBI puede, no obstante, ser un obstáculo para el tratamiento de muchas pacientes, tal como refleja el alto índice de mujeres con cáncer de mama en estadio temprano que optan por la mastectomía o la terapia de conservación mamaria (lumpectomía) sin recibir radioterapia posterior.³⁵

Por este motivo, las técnicas de irradiación parcial acelerada de la mama (APBI, por sus siglas en inglés) han evolucionado para reducir la duración del tratamiento. La irradiación se limita al lecho de lumpectomía y al margen circundante; el volumen de destino reducido permite administrar fracciones de dosis mayores durante un intervalo de tratamiento más corto (de cinco a siete días), a diferencia de las cinco a seis semanas necesarias para administrar la dosis total a través de la EBRT convencional.^{35,36} Se han desarrollado técnicas de APBI basadas tanto en la braquiterapia intersticial multicatéter como en catéter de balón, que ofrecen buenos resultados de eficacia, aunque los datos de seguimiento a largo plazo todavía son limitados.³⁵

La APBI requiere menos fracciones de tratamiento que la irradiación completa de la mama, lo que reduce la duración del tratamiento de cinco a seis semanas a tan solo de cinco a siete días.

En un estudio comparativo de APBI con pacientes emparejadas que recibieron WBI, se notificaron índices similares de recurrencia local a los siete años para los dos métodos (irradiación parcial de la mama [PBI], 9%; WBI, 15%, WBI + “refuerzo”, 10%); los índices de supervivencia sin la enfermedad y supervivencia específica frente al cáncer fueron también similares.⁴¹

Los datos disponibles acerca del uso del catéter intersticial de balón son más limitados; se han notificado buenos resultados estéticos y de eficacia, aunque los periodos de seguimiento suelen ser cortos.³⁵ La actualización más reciente del estudio de la American Society of Breast Surgeons, realizado con más de 1400 pacientes, notificó índices de recurrencia local a los tres años de aproximadamente un 2%, así como resultados estéticos buenos o excelentes para la gran mayoría de las pacientes (91%) después de cuatro años.⁴² En un intento por mejorar la flexibilidad en las dosis, se están desarrollando otros dispositivos de braquiterapia como alternativa a los catéteres de balón.⁴³

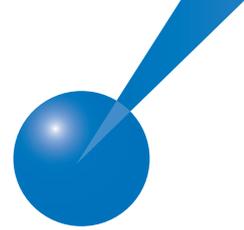
Cáncer de mama: seguridad y tolerabilidad de la paciente

Tanto la braquiterapia “de sobreimpresión” como la intersticial han demostrado un perfil de toxicidad favorable.

La terapia “de sobreimpresión”, incluida la braquiterapia, tiene una buena tolerancia en general, aunque se han observado efectos adversos, como fibrosis, en pacientes que no reciben el tratamiento “de sobreimpresión”, lo que puede afectar negativamente a los resultados estéticos.³⁸ No obstante, los resultados estéticos se ven afectados por diversos factores, como la localización del tumor y el volumen de escisión, y se han observado elevados índices parecidos de resultados estéticos buenos y excelentes en tratamientos con y sin refuerzo, sin diferencias entre la braquiterapia HDR y la EBRT.^{40,44}

Parece que el **riesgo de toxicidad con la braquiterapia intersticial para APBI es bajo.**³⁵

En un estudio comparativo se notificaron perfiles de episodios adversos similares en los tratamientos de irradiación parcial o completa de la mama.⁴¹ Además, se han observado resultados estéticos de buenos a excelentes en la mayoría de las pacientes con terapia intersticial multicatéter.⁴⁵



Braquiterapia para otros tipos de cáncer

La braquiterapia también se utiliza para el tratamiento de una amplia variedad de tipos de cáncer distintos, como el de piel o el cáncer rectal o anal.

Braquiterapia para el cáncer de piel distinto al melanoma

En pacientes con carcinoma de células basales o escamosas, la braquiterapia HDR constituye una opción de tratamiento importante, especialmente en tumores en la cara y la cabeza.⁴⁶ La braquiterapia es un tratamiento efectivo que ofrece buenos resultados estéticos y de control local. Concretamente, la braquiterapia puede ser un tratamiento favorable para el cáncer localizado en nariz, orejas, párpados o labios, donde la cirugía podría causar desfiguraciones o requerir una reconstrucción exhaustiva. La braquiterapia también es una alternativa cuando está contraindicada la cirugía, como es el caso de los pacientes que reciben anticoagulantes.

La braquiterapia ofrece buenos resultados estéticos y eficacia clínica; **existen diversos estudios con periodos de seguimiento de hasta cinco años que demuestran su elevada eficacia en términos de control local, comparable a la de la EBRT.**⁴⁷⁻⁴⁹ Las fuentes para la braquiterapia se implantan mediante diferentes técnicas, como agujas hipodérmicas y tubos de nylon, mientras que la braquiterapia HDR de superficie, con el uso de aplicadores o moldes específicos, ofrece una alternativa para estructuras más grandes o complejas. Estos aplicadores garantizan un buen contacto entre las fuentes de radiación y la piel, adaptándose a su curvatura para administrar de forma precisa la dosis de radiación óptima.

Braquiterapia para el cáncer rectal

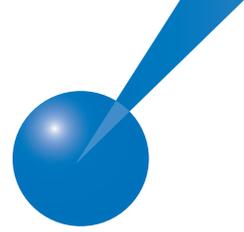
En el tratamiento del cáncer rectal, las últimas técnicas quirúrgicas, como la escisión mesorrectal total, combinadas con EBRT (y quimioterapia cada vez con más frecuencia) han reducido de forma significativa los índices de recurrencia local del cáncer. No obstante, estos datos deben ser analizados frente al aumento en el número de pacientes con morbilidad y toxicidad (efectos secundarios) derivadas de la quimioterapia neoadyuvante. Los datos iniciales obtenidos a partir de estudios a menor escala sugieren que la braquiterapia HDR endorrectal representa una atractiva alternativa a la EBRT para terapia neoadyuvante en pacientes con cáncer rectal resecable. En comparación con la EBRT, la braquiterapia ofrece la ventaja de administrar

una elevada dosis de radiación con una caída rápida de la misma en torno al tumor rectal de destino, conservando así los tejidos normales como la vejiga, la próstata y la piel.

En un estudio realizado con 100 pacientes, la braquiterapia HDR prequirúrgica proporcionó un índice de recurrencia local del 5% a los cinco años, un dato comparable al índice de la EBRT prequirúrgica.⁵⁰ Los índices de supervivencia global y sin enfermedad fueron buenos (65% y 70% respectivamente a los 5 años), y el bajo índice de toxicidad de nivel 3 fue más favorable que el de la EBRT.⁵⁰ Además, el desarrollo de procedimientos basados en TAC asistidos por imágenes permite reproducir la colocación del aplicador para garantizar la administración precisa de cada fracción del tratamiento.⁵¹

Se espera que las nuevas investigaciones den paso a avances interesantes en esta área.

En el cáncer anorrectal se utilizan distintos métodos en función del estadio del tumor y su ubicación. La radioterapia de contacto endocavitaria, por sí sola o combinada con EBRT, ha demostrado su efectividad en el tratamiento del adenocarcinoma rectal en estadio temprano, aunque es necesario seleccionar al paciente con gran meticulosidad.⁵²



Braquiterapia para la administración de cuidados paliativos

La braquiterapia tiene una importante función en la administración de cuidados paliativos, especialmente cuando se trata de cáncer gastrointestinal y de pulmón.^{53,54} La posibilidad de administrar dosis de tratamiento mediante un procedimiento corto y directo en el ámbito ambulatorio hace que esta terapia sea perfecta para pacientes con la enfermedad en estadio avanzado y un estado de salud general precario.

En pacientes con cáncer de pulmón avanzado, la braquiterapia HDR intraluminal se utiliza para el tratamiento paliativo de tumores que obstruyen los bronquios, a fin de aliviar los síntomas asociados como la disnea, la tos y la neumonía post-obstructiva, que merman la calidad de vida de los pacientes y pueden causar la muerte.⁵⁴ Diversos estudios notificaron una mejora general de los síntomas, como las respuestas de los tumores; para algunos pacientes, el alivio de los síntomas se asoció a una mejora de la supervivencia global.⁵⁴ Existen datos que sugieren que combinar la braquiterapia con otros métodos de tratamiento, como la EBRT o la fotoresección con láser, puede mejorar aún más los resultados de los pacientes.⁵⁵

La braquiterapia HDR también es una opción valiosa para el tratamiento paliativo del cáncer de esófago. Más del 50% de los pacientes presentan cáncer en estadio avanzado e inoperable, y requieren cuidados paliativos para aliviar síntomas como la disfagia (dificultad para tragar), que pueden tener un efecto notable en la salud y la calidad de vida del paciente.^{53,56} En estudios comparativos se asoció la braquiterapia endoluminal a un mayor alivio a largo plazo de la disfagia y menos complicaciones que con la colocación de stents, aunque las mejoras iniciales en la disfagia tardaron más en aparecer.^{57,58} También se asoció la braquiterapia a mejores resultados de calidad de vida en relación con la salud tras el tratamiento en comparación con la colocación de stents.^{57,58}

Braquiterapia: líder de referencia en la tecnología de radiación

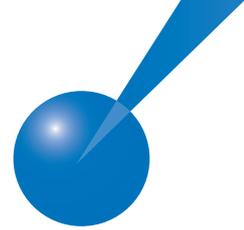
“La braquiterapia adaptable ginecológica y para la próstata asistida por imágenes y, cada vez más, la braquiterapia para la mama, se han convertido, gracias a la integración de distintas tecnologías innovadoras y conceptos 3D/4D, en una referencia en cuanto a la explotación de todo el potencial de la radioterapia avanzada, con resultados clínicos muy prometedores.”¹

Ventajas sobre la tecnología EBRT más novedosa: base técnica y de costes

Las últimas técnicas de braquiterapia asistida por imágenes ofrecen mejores resultados que las técnicas de EBRT avanzadas, como la IMRT o la terapia de haces de protones de intensidad modulada (IMPT, por sus siglas en inglés), en lo relativo a la administración de dosis de tratamiento muy precisas. Un estudio sobre el cáncer de cuello uterino sugirió que las técnicas IMRT o IMPT asistidas por imágenes ofrecen resultados inferiores a los de la braquiterapia asistida por imágenes; la braquiterapia mostró una mejor distribución de la dosis y volúmenes de dosis reducidos en el tejido adyacente, en contraste con el plan de tratamiento para IMRT o IMPT.⁵⁹ Del mismo modo, un estudio de modelado sobre el cáncer de próstata sugirió que la braquiterapia HDR de refuerzo proporciona un mejor control local y una mayor protección del recto y la vejiga frente a la radiación que la IMRT no asistida por imágenes, y resultados comparables a los de la IMRT asistida por imágenes.⁶⁰

Otra ventaja importante de la braquiterapia es el menor coste de instalación y mantenimiento de la tecnología si se compara con tecnologías de EBRT más recientes. Concretamente, tanto la IMRT como la IMPT requieren una elevada inversión en infraestructura, y por este motivo solo están disponibles en centros de tratamiento seleccionados, lo que limita su accesibilidad para los pacientes.⁹

La braquiterapia asistida por imágenes puede ofrecer una mejor distribución de la dosis en el tumor de destino y volúmenes de dosis reducidos en los tejidos sanos circundantes en comparación con la IMRT y la IMPT asistidas por imágenes.⁵⁹



Los continuos avances en braquiterapia proporcionan una mayor eficiencia y mejores resultados

Los avances experimentados durante los últimos 20-30 años en las técnicas informáticas y de creación de imágenes, como la ecografía, la tomografía computerizada (TC) y la creación de imágenes por resonancia magnética (IRM), han resultado muy útiles a la hora de mejorar la calidad de la braquiterapia que se administra a pacientes con cáncer. Su introducción en programas de braquiterapia se ha traducido en mejoras en la planificación, implementación y valoración de los tratamientos, dando lugar a beneficios de tolerabilidad y eficacia para los pacientes.

Planificación de tratamientos

El uso de técnicas de creación de imágenes, como la ecografía, la TC y la IRM, para la planificación de tratamientos ha mejorado la visualización del tumor y los órganos adyacentes.

Las principales tendencias en braquiterapia incluyen un cambio de las técnicas de planificación de 2D (basada en placas) a 3D (basada en el volumen), con técnicas de creación de imágenes como la TC y la IRM. Una tendencia emergente es la cuarta dimensión (3D más tiempo).

Es posible crear visualizaciones 3D para la planificación de la dosis, lo que permite determinar con mayor precisión los volúmenes de destino y los órganos críticos, así como mejorar la localización de la fuente o el aplicador.² Posteriormente, los programas de planificación por ordenador utilizan estos datos para optimizar la distribución de la dosis en el volumen de destino, garantizando una distribución uniforme a la vez que se reduce al mínimo la dosis en los órganos en riesgo. Más tarde se utilizan las mismas técnicas para guiar la colocación del implante durante el tratamiento.

Cada vez es más frecuente combinar las técnicas de planificación y tratamiento 3D/4D en un proceso de un solo paso, en lugar de utilizar un paso de planificación distinto (planificación previa).² El plan de dosis se crea en tiempo real a partir de las imágenes adquiridas y, a continuación, se evalúa e implementa en un procedimiento único (Figura 5). Esto elimina la posibilidad de cambios en el tamaño o la posición de la zona de tratamiento entre los pasos de planificación e implementación, lo que puede afectar negativamente a la administración de la dosis.²

El uso de la IRM para el diagnóstico y la planificación de tratamientos de braquiterapia para el cáncer ginecológico ha supuesto un gran avance.

En la braquiterapia ginecológica, el uso de la IRM en el proceso de diagnóstico y planificación del tratamiento representó un gran avance. La creación de imágenes precisas del aplicador, junto con el tumor y los tejidos y órganos en riesgo circundantes, ha permitido optimizar el tratamiento para el paciente individual.¹

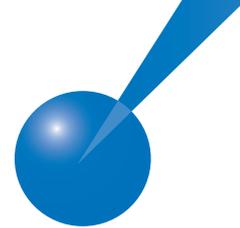


Figura 5. Planificación y administración del tratamiento en un solo paso

Administración del tratamiento

El uso de múltiples técnicas de creación de imágenes puede ayudar a mejorar el proceso de administración del tratamiento y permitir realizar cambios en tiempo real en la colocación de la dosis y el aplicador.

En la braquiterapia ginecológica, se ha utilizado la ecografía transabdominal para guiar y verificar la colocación de los aplicadores del tratamiento, mejorando la cobertura dosimétrica.⁶¹ Del mismo modo, el uso de la braquiterapia HDR en el cáncer de próstata ha añadido un nuevo nivel de flexibilidad al proceso de tratamiento, ya que es posible realizar ajustes precisos en la posición y el tiempo (tiempo de permanencia) que permanece la fuente en el volumen de destino para optimizar la distribución de la dosis.¹³ A continuación, el plan de tratamiento se envía al aparato de carga diferida, que controla la administración de la fuente ¹⁹²Ir en el aplicador del tratamiento. El proceso es automático, lo que permite aplicar la dosis de tratamiento con gran precisión y evitar la exposición del personal médico a la radiación.



El uso de braquiterapia asistida por imágenes 3D combinada con algoritmos de optimización de la dosis informatizados (Figura 6) permite ofrecer un tratamiento altamente conformado que administre la dosis de radiación deseada de forma específica y precisa en el tumor.

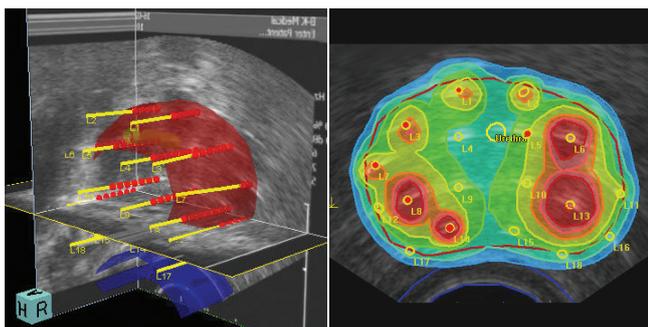


Figura 6. Imágenes precisas de reconstrucción con catéteres automáticos (izquierda) que en unos minutos se transforman en la optimización y el cálculo de la dosis completos (derecha)

Rentabilidad: uso eficiente de los recursos sanitarios

Cada vez se hace más hincapié en los costes sanitarios y en el sistema de atención sanitaria actual es fundamental hacer un uso óptimo de los recursos disponibles.

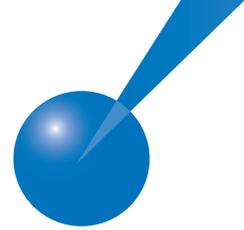
El coste de la asistencia sanitaria para el tratamiento del cáncer en EE. UU. se estimó en 93.200 millones de dólares en 2008.⁶² A pesar del uso extendido de la radioterapia para el tratamiento del cáncer, representa un porcentaje relativamente pequeño de los costes de asistencia sanitaria. En el Reino Unido, la radioterapia representa menos del 10% del presupuesto, en comparación con la quimioterapia (más del 15%) y la cirugía (más del 30%).⁵ En Suecia, donde la radioterapia representa aproximadamente un 5% de los costes asociados al cáncer, aunque aumentó el coste real para EBRT un 16% entre 1991 y 2001, el número de fracciones administradas aumentó un 37%, por lo que el coste por fracción experimentó un descenso.³

En un momento en que la presión sobre los recursos es cada vez mayor, la reducción de la duración global del tratamiento y un mayor uso de tratamientos en el ámbito ambulatorio constituyen un método eficaz para reducir costes y proporcionan un uso más eficiente de los recursos.

En el cáncer de cuello uterino, por ejemplo, **la braquiterapia HDR ofrece un periodo de tratamiento más corto en comparación con la braquiterapia LDR, lo que permite tratar al paciente en el ámbito ambulatorio y reducir el tiempo de hospitalización de aproximadamente una semana a un día.**^{18,19}

Un estudio realizado en 2005 en Australia y Nueva Zelanda demostró que el uso de la braquiterapia HDR para el cáncer de cuello de útero estaba más extendido que el de la braquiterapia LDR, y la instalación de más unidades HDR indicó que la tendencia continua era alejarse de la braquiterapia LDR.⁶³ También ha aumentado el uso de la braquiterapia HDR en EE. UU. y cada vez es más popular en los países en desarrollo.^{18,19}

La mayor flexibilidad de dosis de la braquiterapia HDR también permite una mejor adaptación del tratamiento a cada paciente y reducir la exposición a la radiación de los órganos en riesgo adyacentes, lo que se traduce en beneficios potenciales de reducción de la morbilidad.^{2,19} Maximizar el uso de los equipos de braquiterapia avanzada existentes, como los aparatos de carga diferida, también puede aumentar el ahorro de forma eficaz, ya que se reducen los costes por paciente tratado.



Para crearnos una imagen detallada de los costes de una terapia específica, es necesario tener en cuenta los costes acumulativos durante un periodo de siete años para garantizar que se incluyen factores como los efectos secundarios y la necesidad de recibir terapia adicional. Un análisis de pacientes con diagnóstico reciente de cáncer de próstata realizado en EE. UU. mostró una amplia variación en los costes de tratamiento totales a lo largo de cinco años y medio (Tabla 5), siendo la braquiterapia una de las opciones más rentables (35.143 dólares estadounidenses) y la EBRT una de las más caras (59.455 dólares estadounidenses).⁶⁴ Si se subdividen en grupos de riesgo, los costes de tratamiento aumentan a medida que el riesgo es mayor, aunque la EBRT sigue siendo más cara que la braquiterapia en todos los grupos.

Tratamiento principal	Total, \$	Total (todos los costes), \$		
		Bajo	Intermedio	Alto
Braquiterapia	35.143	28.366	41.419	43.035
EBRT	59.455	48.840	56.725	72.737
Prostatectomía radical	36.888	32.795	35.037	54.055
Crioterapia	43.108	31.602	32.814	53.741
Supresión androgénica	69.244	45.095	56.738	87.523
Espera en observación	32.135	31.871	31.789	26.884

Tabla 5. Costes de tratamiento acumulativos a lo largo de cinco años y medio en pacientes con diagnóstico reciente de cáncer de próstata⁶⁴

Braquiterapia: una opción de tratamiento de gran valor

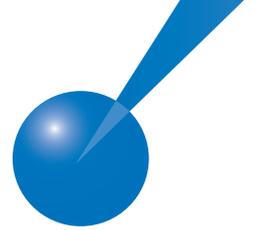
El coste cada vez más elevado de los últimos tratamientos contra el cáncer también ha incrementado la importancia de los estudios sobre rentabilidad.⁶⁵ Las evaluaciones sobre los beneficios y costes relativos de los métodos de tratamiento nuevos y ya existentes interesan cada vez más a los médicos y responsables de elaborar las políticas de atención sanitaria.

El Instituto para la Evaluación Clínica y Económica (ICER, Institute for Clinical and Economic Review) de EE. UU. ha considerado recientemente el valor comparativo de la prostatectomía radical, la braquiterapia, la IMRT y la terapia de protones en el cáncer de próstata de bajo riesgo.⁹ Su evaluación tuvo en cuenta tanto la eficacia clínica como los costes iniciales y durante toda la vida de las distintas opciones. Aunque se comparó la eficacia clínica de la prostatectomía radical, la braquiterapia y la IMRT, los índices de valor comparativo fueron diferentes.

Los costes del tratamiento durante toda la vida en el caso de la braquiterapia fueron inferiores a los de la prostatectomía radical (casi 3.000 dólares estadounidenses menos), por lo que la braquiterapia se consideró una alternativa de “gran valor”. En cambio, los costes mucho más elevados (aproximadamente 9.500 dólares estadounidenses) de la IMRT comparados con los de la prostatectomía radical, hacen que esta opción sea de “poco valor”, con una rentabilidad incremental estimada que asciende a más de 35.000 dólares estadounidenses por año de vida ajustado por calidad (QALY, por sus siglas en inglés). Aunque los datos para evaluar la efectividad clínica de la terapia de protones son limitados, su elevado coste de tratamiento (25.480 dólares estadounidenses más que la prostatectomía radical) se tradujeron en un índice de valor comparativo “bajo”. La rentabilidad incremental estimada ascendió a casi 170.000 dólares estadounidenses por QALY.⁹

La braquiterapia es una opción de tratamiento rentable; los costes asociados a la braquiterapia durante la duración del tratamiento son substancialmente más bajos que los de la prostatectomía radical y la IMRT.⁹

En dos análisis recientes realizados en pacientes con cáncer de próstata de riesgo intermedio, se utilizaron modelos de rentabilidad para evaluar los posibles beneficios en materia de eficacia asociados a dosis de radiación más elevadas administradas mediante IMRT y terapia de haces de protones. Uno de los análisis sugirió que la IMRT era más rentable que la radioterapia conformacional 3D, aunque el valor incremental de la rentabilidad de la IMRT (40.101 dólares estadounidenses por QALY) estaba cerca del límite más alto de lo que se consideraba rentable (50.000 dólares estadounidenses por QALY).⁶⁶ El otro estudio sugirió que la terapia de haces de protones no era rentable en comparación con la IMRT.⁶⁷ La combinación de braquiterapia y EBRT ofrece un método alternativo para aumentar la dosis de tratamiento, y se ha demostrado su eficacia en pacientes con cáncer de próstata de riesgo intermedio y alto.¹³ Tanto la IMRT como la terapia de protones están asociadas a importantes costes de capital y mantenimiento.⁹ El coste más reducido de la braquiterapia combinada con EBRT en relación con su uso e infraestructura, sugiere que esta estrategia de tratamiento puede ser más rentable en pacientes con cáncer de próstata de riesgo intermedio y alto.



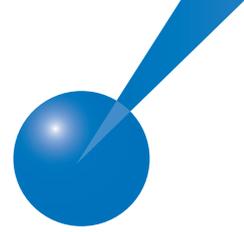
Conclusiones

Aunque la radioterapia sigue siendo un pilar básico en el tratamiento del cáncer, las innovaciones son necesarias para incrementar el éxito y garantizar que la radioterapia continúe siendo un tratamiento de calidad para el paciente del siglo XXI. Además de mantener la calidad y reproducibilidad del tratamiento, es necesario que la radioterapia ofrezca buenos resultados en cuanto a eficacia, tolerabilidad y calidad de vida, causando el menor trastorno posible a los pacientes. La nueva tecnología debe centrarse en estos aspectos fundamentales, además de ofrecer la posibilidad de personalizar los programas de tratamiento.

La braquiterapia ofrece una solución para las principales necesidades de radioterapia y tratamiento frente al cáncer.

La braquiterapia es una terapia específica de gran precisión con capacidad demostrada para ofrecer un tratamiento eficaz centrado en el paciente. Es un estándar de tratamiento para determinados tipos de cáncer, como el de cuello uterino, y una importante opción de tratamiento para muchos otros. La braquiterapia es un tratamiento de eficacia demostrada cuyas dosis específicas evitan la exposición a la radiación de los tejidos circundantes, por lo que goza de un perfil favorable de seguridad y efectos secundarios. Además, el periodo de administración del tratamiento es muy corto, lo que permite a los pacientes volver rápidamente a su vida cotidiana y aumenta la aceptación.

Las innovadoras tecnologías de creación de imágenes, planificación y administración garantizan que la braquiterapia se adapte a las necesidades individuales de cada paciente de forma rentable, lo que la convierte en una importante opción para la atención oncológica en el siglo XXI.



Glosario

Terapia adyuvante: Tratamiento adicional tras la intervención principal (a menudo cirugía) para reducir el riesgo de recurrencia del tumor. La braquiterapia se utiliza como terapia adyuvante, con o sin EBRT, tras la cirugía de conservación mamaria.

Carga diferida: La carga diferida se refiere a la implantación de aplicadores no radiactivos (normalmente agujas, guías, catéteres o tubos) en el tumor o junto a éste, que más tarde se cargarán con fuentes radioactivas. La carga diferida se puede realizar manualmente o a través de máquinas remotas controladas por ordenador que se denominan aparatos de carga diferida.

APBI: Irradiación parcial acelerada de la mama: Permite la radiación de una pequeña zona del pecho, lo que se traduce en menos radiación en los órganos y tejidos adyacentes. También permite administrar el tratamiento en un programa más corto y condensado.

BCT: Terapia de conservación mamaria: Extirpa el tumor del pecho y un margen de tejidos normales adyacentes. Tras la cirugía se administra radioterapia para eliminar cualquier célula cancerosa restante en el tejido de la mama.

Conformidad: El proceso de adaptar la dosis de radiación a la posición y el tamaño del tumor (volumen). Cuanto mayor es la conformidad al tumor, menor es el riesgo de toxicidad en los tejidos y órganos de alrededor.

Terapia curativa: Tratamiento destinado a controlar un tumor de forma permanente. La braquiterapia se utiliza con fines curativos en el cáncer de cuello de útero.

EBRT: Radioterapia de haces externos: La radiación a partir de electrones se genera fuera del cuerpo y, a continuación, se administra mediante un acelerador lineal (linac) a través de tejido sano hasta alcanzar la zona tumoral. Los haces radioactivos penetran los tejidos, pero no se colocan fuentes radioactivas dentro del cuerpo.

Fraccionamiento: El proceso de dividir la dosis de radiación total en dosis más pequeñas que se administran en varios intervalos (fracciones). En la braquiterapia, se administra una dosis muy alta en poco tiempo y un número limitado de fracciones. Estas dosis y tasas de dosis no las tolerarían los tejidos normales en volúmenes tan grandes como los que se utilizan habitualmente para el tratamiento con EBRT.

Grado Gleason: Un sistema para clasificar el cáncer de próstata. Los grados Gleason van del 2 al 10; un grado alto normalmente indica un cáncer más agresivo y un pronóstico adverso.

IMPT: Terapia de haces de protones de intensidad modulada: Una forma de IMRT en la que es posible modificar la dosis y la posición de los haces de protones para aumentar la conformidad.

IMRT: Radioterapia de intensidad modulada: Una forma de radiación externa que consiste en crear una imagen 3D del tumor y su ubicación, permitiendo romper el haz de radiación en "beamlets" más pequeños, cuya intensidad y colocación se puede manipular para proporcionar una dosis altamente conformacional. Normalmente se lleva a cabo en el ámbito ambulatorio y el paciente debe estar totalmente inmobilizado durante el procedimiento.

Terapia neoadyuvante: Tratamiento destinado a reducir el tumor antes de la intervención principal, que normalmente es una cirugía. La braquiterapia se utiliza como terapia neoadyuvante antes la cirugía en el tratamiento del cáncer rectal.

Terapia paliativa: Tratamiento destinado a aliviar los síntomas y el sufrimiento de los pacientes con la enfermedad en fase avanzada y progresiva. La braquiterapia intraluminal se utiliza como tratamiento paliativo en pacientes con cáncer de pulmón.

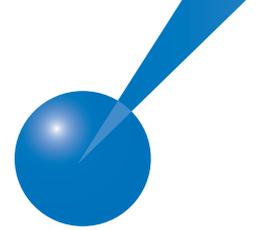
Terapia de haces de protones: Una forma de EBRT que utiliza protones como haces de radiación. La ventaja de los protones es su tendencia a depositar la radiación en el extremo del haz, lo que reduce la dosis de radiación en el tejido sano de alrededor. Normalmente se trata de un procedimiento ambulatorio donde es necesaria la inmobilización del paciente, pero que actualmente solo está disponible en centros especializados que disponen de la tecnología adecuada.

Fuente radiactiva: Material radioactivo que se utiliza como fuente de radiación ionizante. El Iridio se utilizó por primera vez en 1958 y sigue siendo la fuente radioactiva artificial más utilizada en braquiterapia. La mayoría de los implantes temporales se realizan con iridio y cesio sellados, mientras que los radionucleidos de uso más común para los implantes permanentes son el yodo, el paladio y el oro, encapsulados en semillas.

Aparato de carga diferida: Una máquina, a menudo portátil, especialmente diseñada para la transferencia de la fuente radioactiva al paciente a través de aplicadores diseñados a tal efecto. Contiene una caja blindada (caja fuerte) donde se guarda la fuente para proteger al personal médico y los pacientes de la radiación y garantizar la correcta colocación de la fuente, así como una estructura para controlar el tiempo y la retirada automática de la fuente.

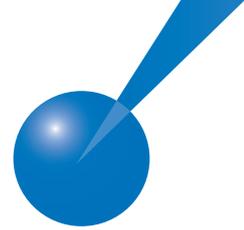
SRS: Radiocirugía estereotáctica: Mediante haces de radioterapia muy precisos y la inmobilización segura del paciente, se administra radiación en el tumor, con frecuencia en forma de una única dosis elevada.

WBI: Irradiación completa de la mama: Se irradia la mama completa mediante EBRT, normalmente tras una cirugía de conservación mamaria.

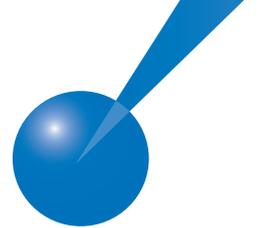


Referencias

- Pötter R. Image-guided brachytherapy sets benchmarks in advanced radiotherapy. *Radiother Oncol* 2009;**91(2)**:141–6.
- Hoskin PJ & Bownes P. Innovative technologies in radiation therapy: brachytherapy. *Semin Radiat Oncol* 2006;**16(4)**:209–17.
- Ringborg U, Bergqvist D, Brorsson B, et al. The Swedish Council on Technology Assessment in Health Care (SBU) systematic overview of radiotherapy for cancer including a prospective survey of radiotherapy practice in Sweden 2001- summary and conclusions. *Acta Oncol* 2003;**42(5-6)**:357–65.
- Halpern MT & Yabroff KR. Prevalence of outpatient cancer treatment in the United States: estimates from the Medical Panel Expenditures Survey (MEPS). *Cancer Invest* 2008;**26(6)**:647–51.
- WHO. World Cancer Report 2008. Edited by Boyle P and Levin B. Lyon, France: IARC, 2008. Disponible en: <http://www.iarc.fr/en/publications/pdfs-online/wcr/2008/index.php>. Consultas 29 de diciembre de 2009.
- Scottish Executive Health Department. Cancer in Scotland: Radiotherapy Activity Planning for Scotland 2011–2015. Disponible en: <http://www.scotland.gov.uk/Publications/2006/01/24131719/28>. Consultas 24 de octubre de 2009.
- Connell PP & Hellman S. Advances in radiotherapy and implications for the next century: a historical perspective. *Cancer Res* 2009;**69(2)**:383–92.
- Gupta VK. Brachytherapy - past, present and future. *J Medical Physics* 1995;**20(2)**:31–5.
- ICER. Management Options for Low-Risk Prostate Cancer: A Report on Comparative Effectiveness and Value. Institute for Clinical and Economic Review, Massachusetts General Hospital, Boston, Massachusetts, USA, 2010. Disponible en: <http://www.icer-review.org/index.php/final-harmonized-report-010509.html>. Consultas 11 enero 2010.
- Gerbaulet A, Ash D, Meertens H. 1. General Aspects. In (Dentro): *The GEC ESTRO Handbook of Brachytherapy*. Gerbaulet A, Pötter R, Mazon J-J, Meertens H and Van Limbergen E (Eds). Leuven, Belgium, ACCO. 2002.
- Nag S, Erickson B, Thomadsen B, et al. The American Brachytherapy Society recommendations for high-dose-rate brachytherapy for carcinoma of the cervix. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000;**48(1)**:201–11.
- Nag S, Chao C, Erickson B, et al. The American Brachytherapy Society recommendations for low-dose-rate brachytherapy for carcinoma of the cervix. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002;**52(1)**:33–48.
- Pisansky TM, Gold DG, Furutani KM, et al. High-dose-rate brachytherapy in the curative treatment of patients with localized prostate cancer. *Mayo Clin Proc* 2008;**83(12)**:1364–72.
- Stewart AJ & Jones B. Radiobiologic concepts for brachytherapy. In Devlin PM (Ed), *Brachytherapy: applications and techniques*. Philadelphia, PA, LWW 2007.
- Pickles T, Keyes M, Morris WJ. Brachytherapy or conformal external radiotherapy for prostate cancer: a single-institution matched-pair analysis. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010;**76(1)**:43–9.
- Eifel PJ, Moughan J, Erickson B, et al. Patterns of radiotherapy practice for patients with carcinoma of the uterine cervix: a patterns of care study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004;**60(4)**:1144–53.
- National Cancer Institute. Cervical Cancer Treatment (PDQ®). *PDQ® Cancer Information Summaries*. 2009. Disponible en: <http://www.cancer.gov/cancertopics/pdq/treatment/cervical/healthprofessional/>. Consultas 28 de octubre de 2009.
- Viani GA, Manta GB, Stefano EJ, de Fendi LI. Brachytherapy for cervix cancer: low-dose rate or high-dose rate brachytherapy - a meta-analysis of clinical trials. *J Exp Clin Cancer Res* 2009;**28**:47.
- Stewart AJ & Viswanathan AN. Current controversies in high-dose-rate versus low-dose-rate brachytherapy for cervical cancer. *Cancer* 2006;**107(5)**:908–15.
- Koukourakis G, Kelekis N, Armonis V and Kouloulis V. Brachytherapy for prostate cancer: a systematic review. *Adv Urol* 2009; Sep 1. [Epub ahead of print]
- Kupelian PA, Potters L, Khuntia D, et al. Radical prostatectomy, external beam radiotherapy <72 Gy, external beam radiotherapy > or 72 Gy, permanent seed implantation, or combined seeds/external beam radiotherapy for stage T1-T2 prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004;**58(1)**:25–33.
- Sylvester JE, Grimm PD, Blasko JC, et al. 15-Year biochemical relapse free survival in clinical Stage T1-T3 prostate cancer following combined external beam radiotherapy and brachytherapy; Seattle experience. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007;**67(1)**:57–64.
- Critz FA & Levinson K. 10-year disease-free survival rates after simultaneous irradiation for prostate cancer with a focus on calculation methodology. *J Urol* 2004;**172(6 Pt 1)**:2232–8.
- Sharkey J, Cantor A, Solc Z, et al. 103Pd brachytherapy versus radical prostatectomy in patients with clinically localized prostate cancer: a 12-year experience from a single group practice. *Brachytherapy* 2005;**4(1)**:34–44.
- Dearnaley DP, Sydes MR, Graham JD, et al. Escalated-dose versus standard-dose conformal radiotherapy in prostate cancer: first results from the MRC RT01 randomised controlled trial. *Lancet Oncol* 2007;**8(6)**:475–87.
- Moule RN & Hoskin PJ. Non-surgical treatment of localised prostate cancer. *Surg Oncol* 2009;**18(3)**:255–67.
- Ash D, Bottomley D, Al-Qaisieh B, et al. A prospective analysis of long-term quality of life after permanent I-125 brachytherapy for localised prostate cancer. *Radiother Oncol* 2007;**84(2)**:135–9.
- Stone NN & Stock RG. Long-term urinary, sexual, and rectal morbidity in patients treated with iodine-125 prostate brachytherapy followed up for a minimum of 5 years. *Urology* 2007;**69(2)**:338–42.
- Buron C, Le Vu B, Cosset JM, et al. Brachytherapy versus prostatectomy in localized prostate cancer: results of a French multicenter prospective medico-economic study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007;**67(3)**:812–22.
- Pinkawa M, Asadpour B, Piroth MD, et al. Health-related quality of life after permanent I-125 brachytherapy and conformal external beam radiotherapy for prostate cancer - a matched-pair comparison. *Radiother Oncol* 2009;**91(2)**:225–31.
- Ferrer M, Suarez JF, Guedea F, et al. Health-related quality of life 2 years after treatment with radical prostatectomy, prostate brachytherapy, or external beam radiotherapy in patients with clinically localized prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008;**72(2)**:421–32.
- American Brachytherapy Society. Current applications of brachytherapy. 2009. Disponible en <http://www.americanbrachytherapy.org/resources/healthapps.cfm>. Consultas 28 de octubre de 2009.
- Fisher B, Anderson S, Bryant J, et al. Twenty-year follow-up of a randomized trial comparing total mastectomy, lumpectomy, and lumpectomy plus irradiation for the treatment of invasive breast cancer. *N Engl J Med* 2002;**347(16)**:1233–41.
- Veronesi U, Cascinelli N, Mariani L, et al. Twenty-year follow-up of a randomized study comparing breast-conserving surgery with radical mastectomy for early breast cancer. *N Engl J Med* 2002;**347(16)**:1227–32.
- Arthur DW & Vicini FA. Accelerated partial breast irradiation as a part of breast conservation therapy. *J Clin Oncol* 2005;**23(8)**:1726–35.
- Orecchia R & Fossati P. Partial breast irradiation: ready for routine? *Breast* 2007;**16(Suppl 2)**:S89–97.
- Clarke M, Collins R, Darby S, et al. Effects of radiotherapy and of differences in the extent of surgery for early breast cancer on local recurrence and 15-year survival: an overview of the randomised trials. *Lancet* 2005;**366(9503)**:2087–106.
- Bartelink H, Horiot JC, Poortmans PM, et al. Impact of a higher radiation dose on local control and survival in breast-conserving therapy of early breast cancer: 10-year results of the randomized boost versus no boost EORTC 22881–10882 trial. *J Clin Oncol* 2007;**25(22)**:3259–65.
- Van Limbergen E & Mazon JJ. 18. Breast Cancer. In (Dentro): *The GEC ESTRO Handbook of Brachytherapy*. Gerbaulet A, Pötter R, Mazon J-J, Meertens H and Van Limbergen E (Eds). Leuven, Belgium, ACCO. 2002.
- Jalali R, Singh S, Budrukkar A. Techniques of tumour bed boost irradiation in breast conserving therapy: current evidence and suggested guidelines. *Acta Oncol* 2007;**46(7)**:879–92.
- Polgár C, Major T, Fodor J, et al. High-dose-rate brachytherapy alone versus whole breast radiotherapy with or without tumor bed boost after breast-conserving surgery: seven-year results of a comparative study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004;**60(4)**:1173–81.
- Nelson JC, Beitsch PD, Vicini FA, et al. Four-year clinical update from the American Society of Breast Surgeons MammoSite brachytherapy trial. *Am J Surg* 2009;**198(1)**:83–91.



43. Dickler A, Patel RR, Wazer D. Breast brachytherapy devices. *Expert Rev Med Devices* 2009a;**6(3)**:325–33.
44. Polgár C, Fodor J, Orosz Z, et al. Electron and high-dose-rate brachytherapy boost in the conservative treatment of stage I-II breast cancer first results of the randomized Budapest boost trial. *Strahlenther Onkol* 2002;**178(11)**: 615–23.
45. Chen PY, Antonucci JV, Mitchell C, et al. 10-year results of interstitial needle-catheter brachytherapy for accelerated partial breast irradiation: Excellent control rates with minimal toxicities. *Brachytherapy* 2009;**8**:105 Abstract PL2.
46. Van Limbergen E & Mazon J. 28. Skin Cancer. In (Dentro): *The GEC ESTRO Handbook of Brachytherapy*. Gerbaulet A, Pötter R, Mazon J-J, Meertens H and Van Limbergen E (Eds). Leuven, Belgium, ACCO. 2002.
47. Guix B, Finestres F, Tello J, et al. Treatment of skin carcinomas of the face by high-dose-rate brachytherapy and custom-made surface molds. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000;**47(1)**:95–102.
48. Sedda AF, Rossi G, Cipriani C, et al. Dermatological high-dose-rate brachytherapy for the treatment of basal and squamous cell carcinoma. *Clin Exp Dermatol* 2008;**33(6)**:745–9.
49. Rio E, Bardet E, Ferron C, et al. Interstitial brachytherapy of periorificial skin carcinomas of the face: A retrospective study of 97 cases. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005; **63**:753–757.
50. Vuong T, Devic S, Podgorsak E. High dose rate endorectal brachytherapy as a neoadjuvant treatment for patients with resectable rectal cancer. *Clin Oncol (R Coll Radiol)* 2007;**19(9)**:701–5.
51. Devic S, Vuong T, Mofthah B, et al. Image-guided high dose rate endorectal brachytherapy. *Med Phys* 2007;**34(11)**:4451–8.
52. Corner C, Bryant L, Chapman C, et al. High-dose-rate afterloading intraluminal brachytherapy for advanced inoperable rectal carcinoma. *Brachytherapy* 2009 Oct 19. [Epub ahead of print]
53. Murakami N, Nakagawa K, Yamashita H, Nagawa H. Palliative radiation therapy for advanced gastrointestinal cancer. *Digestion* 2008;**77** Suppl 1:29–35.
54. Klopp AH, Eapen GA, Komaki RR. Endobronchial brachytherapy: an effective option for palliation of malignant bronchial obstruction. *Clin Lung Cancer* 2006;**8(3)**:203–7.
55. Ung YC, Yu E, Falkson C, et al. The role of high-dose-rate brachytherapy in the palliation of symptoms in patients with non-small-cell lung cancer: a systematic review. *Brachytherapy* 2006;**5(3)**:189–202.
56. Javle M, Ailawadhi S, Yang GY, et al. Palliation of malignant dysphagia in esophageal cancer: a literature-based review. *J Support Oncol* 2006;**4(8)**:365–73, 379.
57. Homs MY, Essink-Bot ML, Borsboom GJ, et al. Quality of life after palliative treatment for oesophageal carcinoma - a prospective comparison between stent placement and single dose brachytherapy. *Eur J Cancer* 2004;**40(12)**:1862–71.
58. Bergquist H, Wenger U, Johnsson E, et al. Stent insertion or endoluminal brachytherapy as palliation of patients with advanced cancer of the esophagus and gastroesophageal junction. Results of a randomized, controlled clinical trial. *Dis Esophagus* 2005;**18(3)**:131–9.
59. Georg D, Kirisits C, Hillbrand M, et al. Image-guided radiotherapy for cervix cancer: high-tech external beam therapy versus high-tech brachytherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008;**71(4)**:1272–8.
60. Fatyga M, Williamson JF, Dogan N, et al. A comparison of HDR brachytherapy and IMRT techniques for dose escalation in prostate cancer: a radiobiological modeling study. *Med Phys* 2009;**36(9)**:3995–4006.
61. Van Dyk S & Bernshaw D. Ultrasound-based conformal planning for gynaecological brachytherapy. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2008;**52(1)**:77–84.
62. American Cancer Society. Cancer Facts & Figures 2009. Disponible en: <http://www.cancer.org/downloads/STT/500809web.pdf>. Consultas 24 de octubre de 2009.
63. Van Dyk S, Byram D, Bernshaw D. Brachytherapy for cancer of the cervix: an Australian and New Zealand survey of current treatment techniques. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2008;**52(6)**:588–97.
64. Wilson LS, Tesoro R, Elkin EP, et al. Cumulative cost pattern comparison of prostate cancer treatments. *Cancer* 2007;**109(3)**:518–27.
65. Shih YC & Halpern MT. Economic evaluations of medical care interventions for cancer patients: how, why, and what does it mean? *CA Cancer J Clin* 2008;**58(4)**:231–44.
66. Konski A, Watkins-Bruner D, Feigenberg S, et al. Using decision analysis to determine the cost-effectiveness of intensity-modulated radiation therapy in the treatment of intermediate risk prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006;**66(2)**:408–15.
67. Konski A, Speier W, Hanlon A, et al. Is proton beam therapy cost effective in the treatment of adenocarcinoma of the prostate? *J Clin Oncol* 2007;**25(24)**:3603–8.



Para obtener más información sobre la braquiterapia consulte los siguientes recursos:

Póngase en contacto con colegas que han integrado satisfactoriamente la braquiterapia en su práctica clínica

ESTRO (European Society for Therapeutic Radiology and Oncology)
www.estro.org

ASTRO (American Society for Therapeutic Radiology and Oncology)
www.astro.org

GEC-ESTRO (Groupe Européen de Curiethérapie and the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology)
www.estro.org/about/Pages/GEC-ESTRO.aspx

ABS (American Brachytherapy Society)
www.americanbrachytherapy.org

NCCN (National Comprehensive Cancer Network)
www.nccn.org



Art. nr 888.00164ES-MKT [01] © 2014 Elekta AB (publ). All rights reserved.

Braquiterapia: radioterapia específica de alta precisión

Razones para considerar la braquiterapia para el tratamiento del cáncer

- Radioterapia de precisión
- Eficacia demostrada
- Toxicidad minimizada
- Centrada en el paciente
- Rentable
- Tecnología avanzada

Porque la vida es para vivirla

Para obtener más información, visite
www.brachyacademy.com

Patrocinado por Elekta
www.elekta.com