

## Terapia de protones

La terapia de protones entrega radiación en el tejido tumoral en una forma mucho más confinada que la radioterapia de fotones convencional, permitiendo así que el radioncólogo use una dosis más alta, al mismo tiempo que se reducen al máximo los efectos secundarios.

Si tiene programada una radioterapia, es muy probable que lo sometan a una sesión de simulacro del tratamiento, en la que le colocarán un aparato de inmovilización para asegurar que usted se mantenga en la misma posición exacta para cada tratamiento. Se realizará una exploración por TAC para crear un modelo virtual de su tumor, y se podrían utilizar otros procedimientos por imágenes para ayudar a determinar su forma y ubicación exacta. Su médico le dará instrucciones específicas de acuerdo al tipo de examen que se le va a hacer.



### ¿En qué consiste la terapia de protones y cómo se usa?

Los protones son partículas que poseen una carga positiva. De la misma manera que los rayos X (<http://www.radiologyinfo.org>) (también llamados fotones) se utilizan para tratar tumores benignos y malignos, los haces de protones pueden ser utilizados para irradiar tumores. No existen diferencias significativas entre los efectos biológicos de los protones comparados con los fotones (rayos X). No obstante, los protones, a diferencia de los fotones, entregan una dosis de radiación (<http://www.radiologyinfo.org>) en forma mucho más confinada al tejido del tumor. Luego de entrar en el cuerpo, los protones liberan la mayor parte de su energía dentro de la región del tumor y, a diferencia de los fotones, entregan solamente una dosis mínima fuera de los límites del tumor. Por lo tanto, especialmente en tumores de tamaño pequeño, la dosis de radiación puede ser ajustada mucho mejor al tumor, y se podría producir menos daño en el tejido sano. Como resultado, el médico encargado del tratamiento (un radioncólogo (<http://www.radiologyinfo.org>) ) puede dar una dosis mayor al tumor y al mismo tiempo minimizar los efectos secundarios no deseados. Esta característica es de especial importancia en el tratamiento de niños, porque los protones ayudan a reducir la radiación emitida a los tejidos en crecimiento y desarrollo.

La terapia de protones se está usando para tratar los tumores en las siguientes áreas del organismo con resultados tempranos prometedores:

- Pulmones (ver página de Cáncer de pulmón (<https://www.radiologyinfo.org/es/info/lung-cancer-therapy>))
- Próstata (ver página de Cáncer de próstata ([https://www.radiologyinfo.org/es/info/pros\\_cancer](https://www.radiologyinfo.org/es/info/pros_cancer)))
- Cerebro (ver página de Tumores de cerebro (<https://www.radiologyinfo.org/es/info/thera-brain>))
- Hígado
- Esófago
- Senos
- Recto
- Sarcomas de la base del cráneo
- Tumores cerebrales pediátricos
- Cabeza y cuello (ver página de Cáncer de cabeza y cuello (<https://www.radiologyinfo.org/es/info/hdneck>))
- Melanomas de los ojos

Se están desarrollando protocolos para explorar el uso de protones en otras partes del cuerpo.

## ¿Quiénes participan en este procedimiento?

Al igual que otras formas de terapias externas con haces, la terapia con haz de protones requiere de un equipo de tratamiento que incluye un radioncólogo, un radiofísico (<http://www.radiologyinfo.org>) , un dosimetrista (<http://www.radiologyinfo.org>) , un radioterapeuta (<http://www.radiologyinfo.org>) y una enfermera (<http://www.radiologyinfo.org>) . El radioncólogo es un médico especializado que evalúa al paciente y determina la terapia apropiada, el área específica de tratamiento, y la dosis de radiación. El trabajo en conjunto del radioncólogo, radiofísico, dosimetrista y radioterapeuta establece la mejor manera de aplicar la dosis prescripta. Los exámenes por imágenes son críticos para la administración de este tratamiento, y un radiólogo de diagnóstico juega un rol importante también. El radiofísico y el dosimetrista realizan cálculos detallados para asegurarse de que el tratamiento será administrado en forma precisa. Los radioterapeutas son tecnólogos especialmente capacitados, que llevan a cabo los tratamientos diarios de radiación. Las enfermeras de radioterapia son miembros del equipo que se ocupan de sus necesidades diarias y asisten en el tratamiento de los efectos secundarios de la terapia.

## ¿Qué equipo se usa?

La terapia con haz de protones utiliza máquinas especiales, la más común es un ciclotrón (<http://www.radiologyinfo.org>) y sincrotrón (<http://www.radiologyinfo.org>) , para generar y acelerar los protones (<http://www.radiologyinfo.org>) a velocidades de hasta 60 por ciento de la velocidad de la luz y energías de hasta 250 millones de voltios. Estos protones de alta energía son acelerados por imanes hacia la sala de tratamiento, y luego hacia la parte específica del cuerpo que está siendo tratada. En algunas máquinas de protones viejas se necesitan piezas adicionales de equipamiento para modificar el rango de los protones y la forma del haz. Centros de tratamiento más nuevos hacen ajustes similares ajustando en forma precisa la energía del haz y el campo magnético que guía sus trayectos ("exploración por haz en lápiz" o "haz explorador"). Estas modificaciones dirigen el haz de protones hacia lugares precisos del cuerpo donde entregan la energía necesaria para destruir las células tumorales.

## ¿Quién maneja el equipo?

Con conocimientos mecánicos, eléctricos, de software, de hardware y de control, los operadores especializados mantienen, mejoran y reparan los aceleradores (ej., ciclotrones o sincrotrones) y el sistema de aplicación de radiación. Al igual que con otras formas de radioterapia externa de haces, tales como la radioterapia de intensidad modulada (IMRT), radioterapistas especialmente entrenados estarán presentes en las salas de tratamiento para ayudar a los pacientes a prepararse para el tratamiento, administrar el tratamiento, y controlar muy de cerca a los pacientes, para asegurar la seguridad y comodidad durante el procedimiento. *Vea la página de IMRT (<https://www.radiologyinfo.org/es/info/imrt>) para más información.*

## ¿Hay alguna preparación especial necesaria para el procedimiento?

Se necesitan varios pasos de preparación antes de que un paciente comience la terapia de protones. El primer paso en la preparación para el tratamiento es un procedimiento denominado "simulación", en el que se coloca al paciente en uno de los tantos aparatos de inmovilización especializados, para asegurar una posición exacta y altamente reproducible para cada tratamiento. A veces, existe la necesidad de colocar un marcador metálico (marcador fiduciario) dentro o alrededor del tumor para ayudar a guiar el tratamiento. Si es necesario, estos procedimientos se llevan a cabo por lo general unos pocos días antes de la simulación.

El dispositivo de inmovilización utilizado depende de la ubicación del tumor. Para los tratamientos por arriba del cuello se puede colocar una máscara a medida alrededor de la cara, o una bandeja a medida que se puede unir temporalmente a los dientes. Para los tratamientos por debajo del cuello, se pueden ubicar moldes a medida con varias formas debajo o alrededor del cuerpo. Una vez construido el dispositivo de inmovilización, los pacientes son sometidos a una exploración por tomografía axial computada (<http://www.radiologyinfo.org>) (TAC) que se utiliza para crear una reconstrucción virtual, 3-D del tumor y de los tejidos normales a su alrededor. Los radioncólogos definen los límites del tumor y las estructuras normales aledañas dentro de este modelo 3D virtual computarizado, y trabajan con físicos para determinar las técnicas de radiación más seguras y efectivas. Esta

exploración por TAC se realiza exactamente en la misma posición del tratamiento, de manera tal que el radioncólogo puede estar seguro de que el plan de alta precisión diseñado en la computadora hará blanco en forma precisa en el tumor.

Exámenes adicionales, tales como resonancia magnética (RMN), o una exploración por PET/CT son frecuentemente necesarias para ayudar a los médicos a determinar en forma precisa la ubicación y extensión del tumor o las estructuras críticas.

## ¿Cómo se realiza el procedimiento?

La terapia con haz de protones generalmente se realiza en forma ambulatoria. Para la mayoría de los posibles sitios de localización del tumor, una duración estándar del tratamiento es de dos a ocho semanas, con tratamientos que se administran cinco días a la semana. La duración de cada tratamiento variará de acuerdo al tipo de tumor y la etapa en que se encuentre. La aplicación de haces de protones al paciente dura solamente unos pocos minutos, aunque el tiempo total en la sala de tratamiento será mayor (aproximadamente 15 a 30 minutos) para posicionar y realizar ajustes al equipo.

Para los tratamientos diarios, el paciente ingresa a la sala de tratamiento y se le coloca su dispositivo de inmovilización personal. Con la ayuda de láseres, se ubica al paciente en la posición necesaria, dentro un margen de unos pocos milímetros en comparación con las imágenes obtenidas durante la simulación, para asegurar que el paciente esté correctamente alineado. En algunos casos se utilizará un sistema de TC para tomar imágenes del blanco antes de cada tratamiento. Este proceso especial de alineamiento y toma de imágenes se repite antes de cada tratamiento para asegurar niveles máximos de precisión.

Si se necesitan aperturas y filtros especiales para el tratamiento, entonces se los coloca en posición durante algún punto durante el proceso. Generalmente se utiliza una computadora para explorar y verificar que se ha montado el dispositivo correcto. Una vez verificados los parámetros de tratamiento y la ubicación, el radioncólogo y los tecnólogos ingresan a una sala de control ubicada al lado de la sala de tratamiento y comienzan la terapia. Durante el tratamiento, estos terapistas controlan continuamente el progreso de la administración de la radiación, incluyendo varios parámetros de seguridad. Los terapistas también miran y escuchan atentamente al paciente usando cámaras de video, para asegurarse de que se mantenga a salvo y cómodo durante el tratamiento. Una vez que se ha administrado la radiación prescripta, la computadora cierra el haz de protón y los tecnólogos vuelven a ingresar a la sala para ayudar al paciente a quitarse la máscara o el dispositivo de inmovilización.

## ¿Qué se siente durante y después del procedimiento?

Usted no debería sentir dolor ni incomodidad alguna durante el tratamiento con el haz de protones. Luego, puede haber algunos efectos secundarios y los mismos serán tratados por su radioncólogo de la misma forma que serían tratados en cualquier otro procedimiento de radiación. Otros factores que pueden influenciar su estado después del tratamiento son la potencia de la dosis que está recibiendo y el hecho de que, si simultáneamente, esté siendo sometido a quimioterapia (<http://www.radiologyinfo.org>) . Los efectos secundarios comunes incluyen pérdida temporal del cabello y reacciones en la piel por donde pasó en forma directa la radiación, y fatiga, especialmente cuando se está tratando un área grande.

El tratamiento con radiación puede causar efectos secundarios. Estos problemas podrían deberse al tratamiento en sí mismo o al daño causado por la radiación en las células sanas en el área de tratamiento.

El número y la gravedad de los efectos dependerán del tipo de radiación, la dosis, y de la parte del cuerpo que esté siendo tratada. Hable con su médico y/o enfermero para que ellos puedan ayudar a controlarlos.

La radiación puede causar efectos secundarios tempranos y tardíos. Los efectos tempranos suceden durante o inmediatamente luego del tratamiento. Generalmente desaparecen dentro de unas pocas semanas. La piel en el sitio de tratamiento podría volverse sensible, roja, irritada, o hinchada. Otros cambios incluyen sequedad, picazón, descamación y llagado.

Dependiendo del área que esté siendo tratada, otros efectos secundarios podrían incluir:

- Pérdida de pelo en el área de tratamiento

- problemas en la boca y dificultad en tragiar
- problemas en comer y en la digestión
- diarrea
- nausea y vómito
- dolores de cabeza
- sensibilidad e hinchazón en el área del tratamiento
- cambios urinarios y en la vejiga

Los efectos secundarios tardíos podrían ocurrir meses o años luego del tratamiento. Si bien por lo general permanentes, son raros. Incluyen:

- cambios cerebrales
- cambios en la columna vertebral
- cambios pulmonares
- cambios hepáticos
- cambios en el colon y el recto
- infertilidad
- cambios en las coyunturas
- linfedema
- cambios en la boca
- cáncer secundario

Existe un pequeño riesgo de desarrollar cáncer debido a la radioterapia. Luego del tratamiento, su radioncólogo lo evaluará regularmente para ver si se presentan complicaciones y cánceres nuevos o recurrentes.

El pequeño riesgo de desarrollar cáncer debido a la radiación es más bajo para el tratamiento con protones que para el tratamiento convencional con rayos X (fotón).

Las técnicas altamente avanzadas tales como la terapia de protones permiten a los radioncólogos maximizar las capacidades de la radiación para destruir el cáncer mientras se minimizan sus efectos secundarios.

### **Condiciones de uso:**

Todas las secciones del sitio fueron creadas bajo la dirección de un médico experto en el tema. Toda la información que aparece en este sitio web fue además revisada por un comité de ACR-RSNA formado por médicos peritos en diversas áreas de la radiología.

Sin embargo, no podemos asegurar que este sitio web contenga información completa y actualizada sobre ningún tema particular. Por lo tanto ACR y RSNA no hacen declaraciones ni dan garantías acerca de la idoneidad de esta información para un propósito particular. Toda la información se suministra tal cual, sin garantías expresas o implícitas.

Visite el Web site de RadiologyInfo en <http://www.radiologyinfo.org/sp> para visión o para descargar la información más última.

**Nota:** Las imágenes se muestra para fines ilustrativos. No trate de sacar conclusiones comparando esta imagen con otras en el sitio. Solamente los radiólogos calificados deben interpretar las imágenes.

### **Copyright**

Las versiones PDF imprimibles de las hojas de los diversos procedimientos radiológicos se suministran con el fin de facilitar su impresión. Estos materiales tienen el copyright de la Radiological Society of North America (RSNA), 820 Jorie Boulevard, Oak Brook, IL 60523-2251 o del American College of Radiology (ACR), 1891 Preston White Drive, Reston, VA 20191-4397. Se prohíbe la reproducción comercial o la distribución múltiple por cualquier método tradicional o electrónico de reproducción o publicación.

