



## Terapia de protones

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

Los protones son átomos que poseen una carga positiva. Al igual que los rayos X (también llamados fotones) se utilizan para tratar tumores benignos y malignos, un haz de protones puede ser utilizado para irradiar tumores de la misma forma. No existen diferencias significativas entre los efectos biológicos de los protones comparados con los fotones (rayos X). Físicamente, a pesar de que entregan una dosis de radiación en los tejidos normales a medida que entran en el cuerpo, los protones liberan la mayor parte de su energía cuando impactan en el tumor y, a diferencia de los fotones, no aplican una dosis fuera de los límites del tumor. Por lo tanto, especialmente en tumores de tamaño pequeño, la dosis de radiación se podría ajustar mejor al tumor y se produciría menos daño al tejido sano. Como resultado, el médico encargado del tratamiento (un radioncólogo) puede potencialmente 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, ya que reduce 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 [[www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=lungcancer](http://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=lungcancer)])
- Próstata (ver página de Cáncer de próstata [[www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=pros\\_cancer](http://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=pros_cancer)])
- Cerebro (ver página de Tumores de cerebro [[www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=thera-brain](http://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=thera-brain)])
- Tumores corporales vertebrales o de la columna
- Sarcomas de la base del cráneo
- Tumores cerebrales pediátricos
- Cabeza y cuello (ver página de Cáncer de cabeza y cuello [[www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=hdneck](http://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=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

La terapia con haz de protones requiere de un equipo de tratamiento que incluye a un radioncólogo, un

radiofísico, un dosimetrista, un especialista en inmovilización, un radioterapeuta y una enfermera. 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 prescrita. Luego, el radiofísico y el dosimetrista realizan los cálculos detallados del tratamiento. Los radioterapeutas son tecnólogos especialmente capacitados, que llevan a cabo los tratamientos diarios de radiación. Los estudios por imagen son muy importantes para la aplicación de este tratamiento y por lo general un radiólogo de diagnóstico también participa de la planificación. 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.

## Que equipo se usa

La terapia con haz de protones utiliza una máquina especial llamada ciclotrón o sincrotrón para generar y acelerar los protones. Los protones abandonan la máquina y son dirigidos por imanes hacia el tumor. Se utilizan otros equipos para modificar el rango de los protones y la forma del haz, y para compensar por la ubicación del órgano.

## Quién maneja el equipo

Con conocimientos mecánicos, eléctricos, de software, de hardware y de control, los operadores especializados mantienen, mejoran y reparan el ciclotrón o sincrotrón y el sistema de aplicación de radiación. También están presentes en la sala principal de control del establecimiento durante los tratamientos para controlar el rendimiento del sistema de aplicación de radiación.



## Preparaciones especiales necesarias para el procedimiento

Antes de que un paciente comience la terapia de protones, se deben cumplir unos pocos pasos de preparación. Primero, se colocará al paciente en un dispositivo de inmovilización para ubicar su cuerpo en exactamente la misma posición durante cada sesión de terapia. El dispositivo utilizado dependerá de la ubicación del tumor. Los pacientes con un tumor debajo del cuello podrían tener un molde de cuerpo entero hecho de revestimientos de espuma rodeados de armazones de plástico duro. A los pacientes que padecen de un tumor en el ojo, en el cerebro o en la cabeza, se les colocará una máscara hecha a medida.

Una vez construido el dispositivo de inmovilización, los pacientes a menudo serán sometidos a una tomografía axial computada (TAC) o a una resonancia magnética nuclear (RMN) con el fin de crear una reconstrucción 3-D del tumor para definir sus límites respecto de las estructuras normales que lo rodean. Al paciente se le realiza la TAC en la posición de tratamiento, usando el dispositivo para que pueda ser tenido en cuenta durante la planificación del tratamiento. A veces se realiza una exploración por TAC o una RMN antes de adaptar el dispositivo. En el caso de pacientes con melanoma en un ojo con anillos de tantalio suturados, se podrían tomar rayos X simples para crear una imagen de la ubicación de los anillos.

El radioncólogo utiliza una computadora para rastrear el tumor y los tejidos normales que lo rodean.

Los físicos y los dosimetristas crean en la computadora un plan de tratamiento que describe un haz de protones simple o múltiple con ingreso por varios ángulos. Esto se realiza para calcular la dosis de radiación que recibirá el tumor. Luego de ser revisado por el médico, el plan es transferido a máquinas automatizadas que producen los dispositivos especiales, las aperturas y los filtros de compensación de tejidos que se utilizarán durante la terapia. Todos estos dispositivos son calibrados por un grupo colaborador de físicos antes del primer tratamiento del paciente para garantizar que el planeamiento y la fabricación se hayan realizado de manera correcta.

## Cómo se realiza

El procedimiento se realiza en forma ambulatoria. Para la mayoría de los posibles sitios de localización del tumor, la duración promedio del tratamiento es generalmente de cinco a siete semanas, aunque en raros casos el tratamiento de ciertos tumores puede durar solamente unos pocos días. 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 tiene una duración de sólo un minuto, aunque el tiempo total en la sala de tratamiento será mayor (aproximadamente 15-20 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. El paciente es posicionado con la ayuda de visores láser, con una exactitud tal que el marco de error es de alrededor de medio centímetro. Luego, el radioterapeuta toma varios rayos X diagnósticos de baja potencia o imágenes digitales, para asegurar una alineación apropiada. Este proceso se repite antes de cada tratamiento. En algunos casos se usa un sistema TAC de haz en abanico para visualizar el objetivo antes de cada tratamiento.

Aperturas y filtros especiales hechos para cada paciente son introducidos en la línea del haz. Una computadora puede usarse para explorar y verificar los códigos de barra individuales en estos dispositivos. 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. Luego de haber aplicado la dosis de radiación prescrita, 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 cuando el haz de protón está encendido. 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. Los efectos secundarios comunes incluyen pérdida temporal de cabello y reacciones en la piel por donde pasó en forma directa la radiación, y fatiga, especialmente cuando se está tratando un área grande.

Los efectos secundarios de la radioterapia incluyen problemas que ocurren como resultado del tratamiento mismo así como del daño hecho por el tratamiento a las células sanas en el área del tratamiento.

El número y la severidad de los efectos secundarios que usted experimenta dependen del tipo de

radiación y la dosificación que recibe y la parte del cuerpo sometiéndose a tratamiento. Debe hablar con el médico y la enfermera acerca de cualesquiera efectos secundarios que experimenta para que puedan ayudarlo a controlarlos.

La radioterapia puede causar efectos secundarios tempranos y retardados. Los efectos secundarios tempranos ocurren durante o inmediatamente después del tratamiento y normalmente desaparecen dentro de pocas semanas. Los efectos secundarios tempranos comunes de la radioterapia incluyen cansancio o fatiga y problemas en la piel. La piel en el área de tratamiento puede ponerse más sensible, roja, irritada o hinchada. Otros cambios en la piel incluyen sequedad, picazón, exfoliación y formación de ampollas.

Según el área sometiéndose a tratamiento, otros efectos secundarios tempranos pueden incluir:

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

Los efectos secundarios retardados, que son raros, ocurren meses o años después del tratamiento y a menudo son permanentes. 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 a causa de la radioterapia. Después de radioterapia para cáncer, usted debe someterse a un examen regular por su radioncólogo para detectar cánceres recurrentes y nuevos.

Usando técnicas tales como la terapia de protones, los especialistas en la toma de imágenes están maximizando las capacidades de la radioterapia para destruir el cáncer, mientras que a la vez minimizan su efecto en los tejidos y órganos sanos, como así también los efectos secundarios del tratamiento en sí mismo.

### **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.

Copyright © 2011 Radiological Society of North America (RSNA)