

El poder de los protones en la lucha contra el cáncer

W. Hansen

Un gran porcentaje de los pacientes con cáncer reciben radioterapia externa como parte de su tratamiento. Hoy día es posible planificar con gran precisión estos tratamientos, reduciendo el riesgo de los efectos secundarios y aumentando la eficiencia terapéutica.

La protonterapia (también conocida como terapia de partículas) es una forma de radioterapia externa que utiliza haces de protones cargados de energía para tratar el cáncer.

La principal ventaja de la protonterapia es su capacidad de administrar de forma precisa una dosis óptima de radiación al tumor, sin dañar los tejidos sanos circundantes y reduciendo de forma significativa la probabilidad y/o gravedad de los efectos secundarios.

A large percentage of patients with cancer are receiving radiotherapy as part of their treatment. At present it is possible to plan with precision these treatments, reducing the risk of side effects and increasing therapeutic efficiency.

Proton therapy (also known as particle therapy) is a form of external radiotherapy that uses beams of energized protons to treat cancer.

The main advantage of proton therapy is its ability to accurately manage an optimal dose of radiation to the tumor, without damaging surrounding healthy tissues and significantly reducing the likelihood and/or severity of side effects.



WILLIAM HANSEN

es licenciado en Ingeniería Eléctrica por el De Vry Institute y Master of Business Administration por la Universidad de Santa Clara. Ha desarrollado su carrera profesional en las áreas de Marketing y Desarrollo de Negocio de diversas empresas. En 2010 se incorporó a la compañía belga IBA, como director de Marketing de la División de Terapia con Partículas.

INTRODUCCIÓN

Debido a su condición de partículas subatómicas con carga eléctrica, el uso de protones en el campo de la física nuclear tiene un amplio recorrido en laboratorios de investigación de todo el mundo.

Hoy en día, la potencia de los protones se está empleando también en aplicaciones clínicas para tratar diversos tipos de cáncer tanto en niños como en adultos. Los protones poseen una serie de cualidades favorables que los convierten en herramientas cada vez más eficaces para médicos y físicos a la hora de tratar con éxito pacientes con cáncer y ofrecerles una nueva oportunidad en la vida.

Los médicos especialistas en oncología radioterápica pueden calcular la dosis eficaz que puede utilizarse en un paciente para destruir las células cancerosas sin afectar demasiado a las células sanas de alrededor. Los avances científicos de la física y de la oncología junto con la evolución tecnológica de los equipos, incluyendo el aumento de la capacidad de cálculo

de los ordenadores asociados, permiten a los radioterapeutas ser cada vez más precisos en los procedimientos de irradiación, reduciendo el riesgo de los efectos secundarios y aumentando la eficiencia terapéutica.

PROTONTERAPIA FRENTE A RADIACIÓN CONVENCIONAL CON RAYOS X

El uso médico de radiaciones ionizantes desde una fuente externa como parte del tratamiento del cáncer se denomina terapia por radiación con un haz externo o radioterapia externa. Hoy en día el 70% de los pacientes con cáncer reciben radioterapia como parte de su tratamiento global.

La protonterapia (también conocida como terapia de partículas) es una forma de radioterapia externa que utiliza haces de protones cargados de energía para tratar el cáncer. Estos haces de protones son dirigidos al tumor y causan daños en el ADN de las células cancerígenas, que son finalmente destruidas. Las células cancerígenas son particularmente vulnerables a estos ataques.

La principal ventaja de la protonterapia es su capacidad de focalizar de forma más precisa la dosificación del haz en comparación con otros tipos de radioterapia externa, como la tradicional terapia con rayos X (fotones), sin dañar los tejidos sanos circundantes.

Los rayos X son ondas electromagnéticas altamente penetrantes que administran una dosis al tejido irradiado en todo su volumen, independientemente de su grosor. Como resultado, siempre administran dosis sustanciales de irradiación a las zonas anterior y posterior al tumor, sea cual sea su volumen. Además, los haces de rayos X administran su dosis máxima de radiación desde una distancia tan corta como 0,5 cm y hasta un máximo de 3 cm, según la energía utilizada. Puesto que un tumor casi siempre está ubicado a más profundidad de las distancias mencionadas, se suministra una dosis más alta a los tejidos normales anteriores al tumor, y el tumor es tratado en la región del haz donde el suministro de energía disminuye [1].

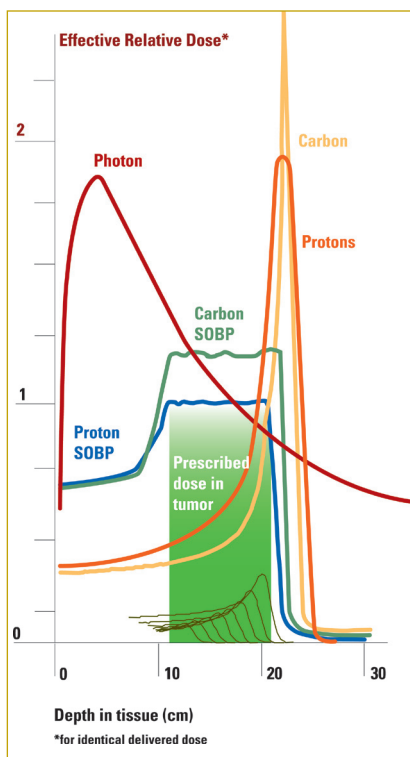


Figura 1. Pico de Bragg.

En cambio, la dosis absorbida de un haz de protones aumenta muy gradualmente cuanto mayor es la profundidad, alcanzando repentinamente un máximo al final de su trayectoria.

Este fenómeno se conoce como pico de Bragg. El haz de protones puede dirigirse de tal forma que el pico de Bragg se produzca precisamente dentro del volumen del tumor, cosa que nunca puede conseguirse con los rayos X [2].

La protonterapia ofrece las propiedades más favorables para el suministro de dosis con técnicas de haz externo. Y puede combinarse fácilmente con la quimioterapia y/o la cirugía, según las necesidades de cada paciente. Con menos efectos secundarios, y más leves, la protonterapia puede suponer una mejor calidad de vida para los pacientes, y a la larga, un ahorro en costes de asistencia sanitaria.

CÓMO FUNCIONA LA PROTONTERAPIA

En los centros de protonterapia, unos ciclotrones aceleran los protones a una velocidad extremadamente alta, generando un haz controlado. La energía requerida para un tratamiento en particular es transformada a partir de la energía generada por el ciclotrón usando un Degradador de Energía variable junto con un Sistema de Selección de Energía (SSE).

El SSE transforma el haz de energía fijo desde el ciclotrón en un haz de energía variable con una energía

absoluta, distribución y emitancia verificadas y controladas. Degradando y recortando el haz en el SSE el paciente queda protegido de los neutrones que, de otro modo, se generarían en la sala de tratamiento.

Este haz de protones viaja a través de un Sistema de Transporte y Conmutación de Haz que consiste en una serie de potentes electroimanes que enfocan el haz en cuanto sale del ciclotrón, lo transportan a través de un tubo y lo dirigen hacia el punto de entrada de cada sala de tratamiento seleccionada.

El haz se administra a continuación al tumor diana. El haz de protones puede ser perfilado según la forma del tumor, con lo cual se disminuye la exposición a la radiación de las células sanas y se limitan los efectos secundarios.

Los protones tienen unas propiedades muy específicas y útiles. Como se ha mencionado anteriormente, depositan la mayor parte de su energía destructiva únicamente a una profundidad específica, el pico de Bragg, que puede calcularse de forma precisa como una función de la energía inicial del haz.

BREVE HISTORIA DE LA PROTONTERAPIA

En 1946, el físico norteamericano Robert Wilson propuso por primera vez el

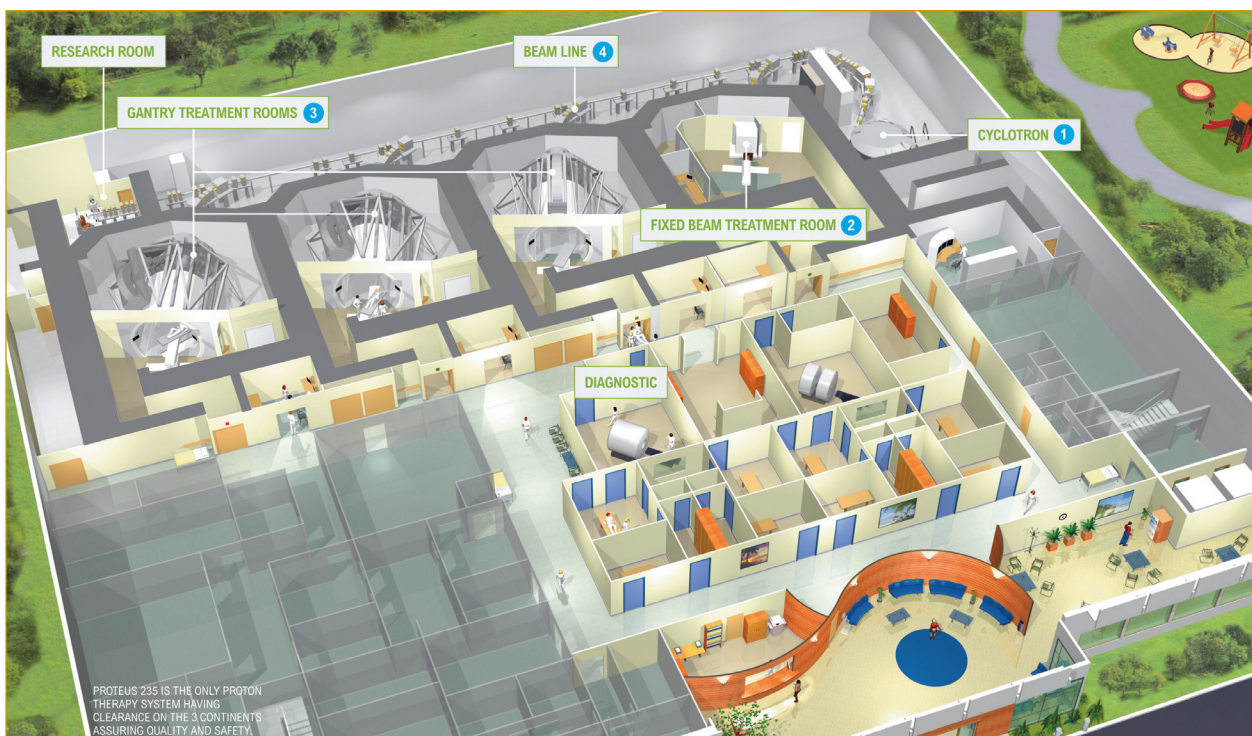


Figura 2. Vista aérea de un centro de protonterapia. En un ciclotrón (1), los protones son acelerados a la energía precisa requerida para tratar tumores. Los protones son dirigidos hacia el interior de una sala de tratamiento de haz fijo (2) o a una sala de tratamiento equipada con gantry (3) a través de un sistema de transporte de haz (4).

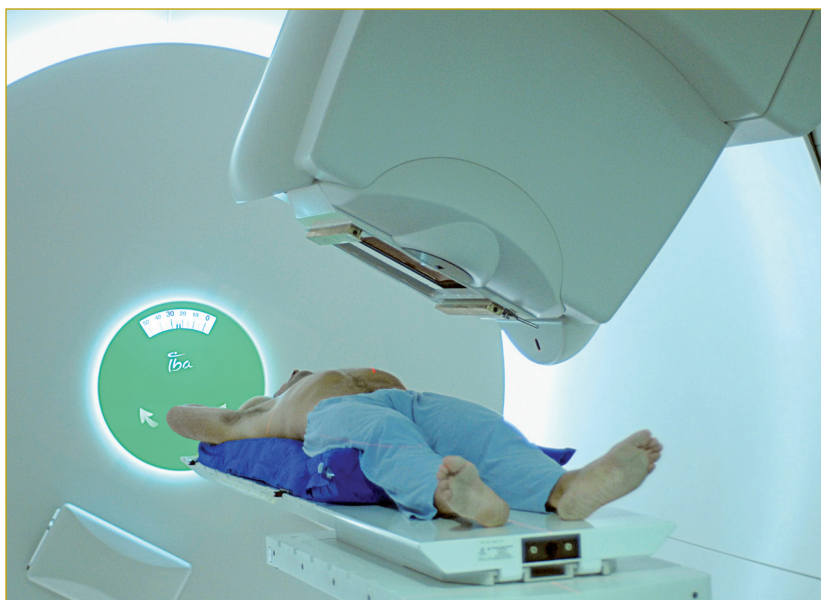


Figura 3. Sala de tratamiento de pórtico Empath®.

uso de protones para el tratamiento del cáncer en un artículo científico. Dos años después, investigadores del Lawrence Berkeley Laboratory (LBL) de Berkeley (California, EUA) confirmaron las predicciones de Wilson acerca de que la terapia con haz de protones podía ser una terapia eficaz contra el cáncer. Los primeros tratamientos en seres humanos tuvieron lugar en el LBL, y en la década de los 50 se replicaron con éxito tratamientos en pacientes en unas instalaciones de Uppsala (Suecia).

En la década de los 60, las instalaciones del ciclotrón de la Universidad de Harvard en Boston (Massachusetts) expandieron el uso de los protones a pacientes con diversos tumores malignos.

El primer centro de protonterapia hospitalaria del mundo se construyó en 1990 en el Centro Médico Universitario de Loma Linda (California). Ocho años más tarde, la compañía belga IBA presentó su primer ciclotrón para protonterapia, que revolucionó el mundo de la oncología radioterápica. En 2001, IBA instaló su primer sistema de protonterapia en el Centro de Protonterapia Francis H. Burr en el Hospital General de Massachusetts, Boston.

VENTAJAS DE LA PROTONTERAPIA

La principal ventaja de la protonterapia es su mejor distribución de dosis, que otorga a los médicos un control más preciso a la vez que se administra la dosis más alta posible directamente al tumor, evitando los tejidos circundantes y las estructuras

críticas, y reduciendo la toxicidad general.

La protonterapia:

- Administra de forma precisa una dosis óptima de radiación al tumor.
- Intensifica de forma segura la dosis dentro de un volumen confinado, con una mínima o inexistente dosis de salida.
- Reduce la probabilidad y/o gravedad de los efectos secundarios sobre los tejidos sanos circundantes.
- Puede aumentar los índices de supervivencia libre de progresión a largo plazo para ciertos tipos de tumores.

La protonterapia es especialmente apropiada para cánceres con opciones de tratamiento limitadas y en aquellos en los que la radioterapia externa convencional supone un riesgo inaceptable para el paciente. Esto incluye los cánceres en el ojo o el cerebro, los tumores cercanos al tronco encefálico o la médula espinal, los cánceres de próstata y los pediátricos.

En el caso particular de los cánceres pediátricos, la posibilidad de evitar cantidades de radiación, incluso moderadas, a tejidos normales es vital para evitar posibles deterioros cognitivos, defectos en el crecimiento, daños cardíacos, tumores inducidos por la radiación y otras afecciones mórbidas en la vida posterior.

Además del cáncer, la protonterapia se ha usado eficazmente para tratar la enfermedad de Parkinson, la epilepsia, la degeneración macular, malformaciones arteriovenosas,

afecciones reumatológicas graves y convulsiones.

EQUIPOS DE PROTONTERAPIA

Los centros de protonterapia poseen algunas características comunes a todos ellos. Por ejemplo, debido al gran tamaño y al enorme peso de los equipos, como el ciclotrón (220 toneladas), es necesario disponer de una fuerte cimentación. La construcción debe realizarse con hormigón y las paredes deben contar con un grosor entre 2,4 y 3,6 metros. Los ciementos y el suelo sustentan el pesado equipamiento, y las gruesas paredes ofrecen protección contra los neutrones nocivos.

Además de cumplir con estos requisitos, es posible realizar un planeamiento modular para el diseño de las instalaciones que sea escalable y adaptable a los objetivos específicos de cada caso particular. Algunos usuarios eligen empezar con un centro más grande con cuatro o cinco salas de tratamiento de pacientes, mientras que otros optan por empezar con una sola sala de tratamiento, con la posibilidad de añadir más salas a medida que la práctica se expande.

Los sistemas de posicionamiento del paciente son también una parte importante de estas instalaciones. Deben estar diseñados para ser fiables, flexibles, fáciles de usar y cómodos para los pacientes. Los avances tecnológicos permiten a los médicos determinar la ubicación exacta de la mayoría de los tumores. El objetivo es por tanto liberar la dosis letal al tumor sin dañar los tejidos sanos. Colocar al paciente en la mejor posición para recibir la dosis es una parte crucial de la administración de la terapia con protones.

Debido a que cada tumor es diferente, presenta características específicas que requieren la modalidad de haz más adecuado. Para ayudar a asegurar un tratamiento óptimo para cada paciente, los sistemas de terapia de protones incluyen unas boquillas que permiten optimizar al máximo los tratamientos, seleccionando automáticamente el modo preferido de suministro del haz, personalizándolo de acuerdo con las necesidades clínicas específicas. Un ejemplo de esto es el denominado haz de tipo lápiz, mediante el cual el haz de protones que se utiliza escanea activamente el tumor diana en todo su volumen. Se consigue una mejor conformación en tres dimensiones del objetivo, lo que permite

CLINICAL PARTICLE THERAPY CENTERS INSTALLED BY IBA AROUND THE WORLD.

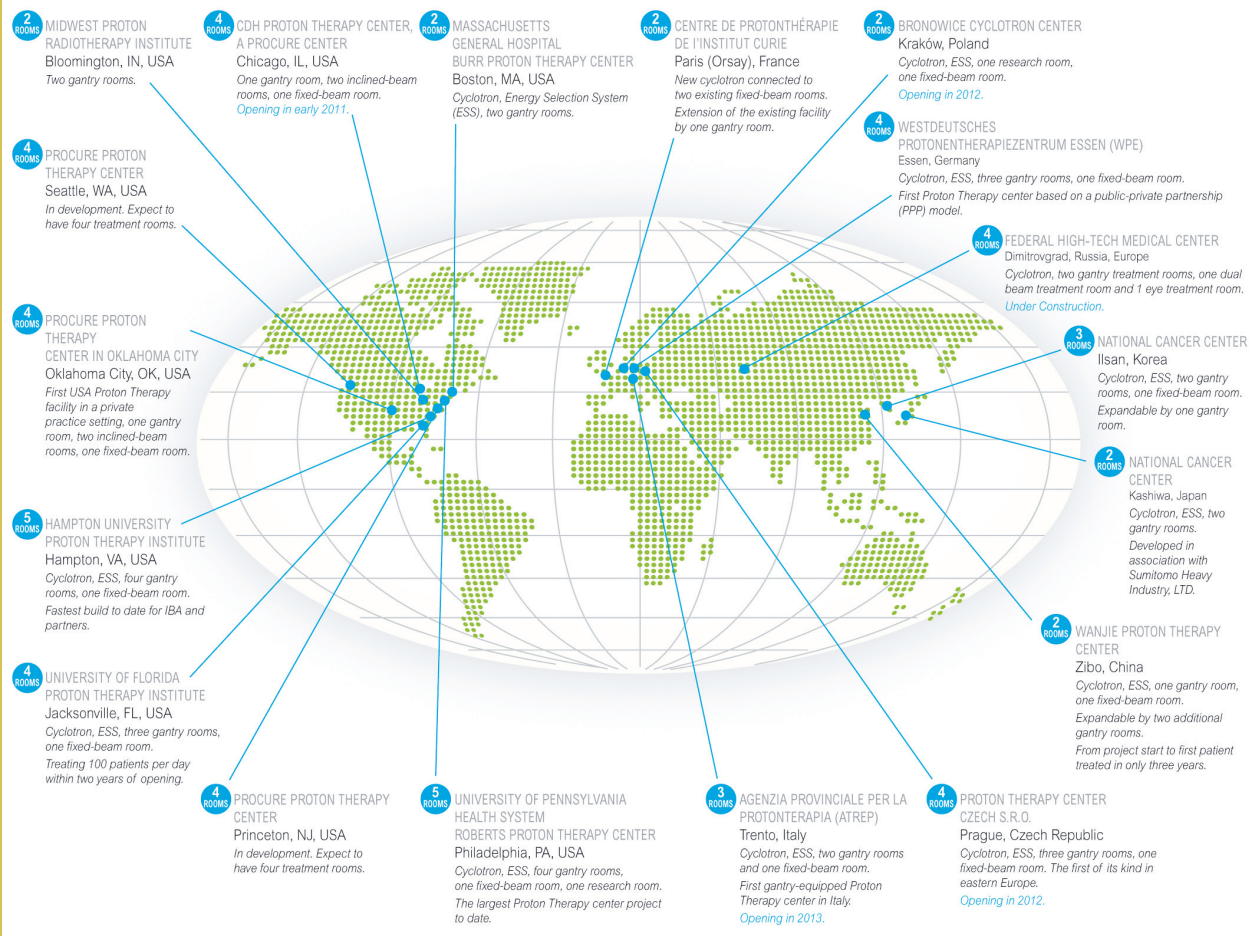


Figura 4. Diagrama de centros de protonterapia equipados por IBA en todo el mundo.

una mayor preservación de los órganos en riesgo y de los tejidos sanos. Esta tecnología fue desarrollada por IBA en estrecha colaboración con el Centro de Protonterapia Francis H. Burr del Hospital General de Massachusetts en Boston.

Se puede diseñar una Sala de Tratamiento de Haz Fijo para el tratamiento ocular, intracraneal, de cabeza y cuello, o para investigación. La sala se caracteriza por un haz horizontal que puede utilizarse también con un Sistema Robótico de Posicionamiento del Paciente para una mayor versatilidad de tratamiento. Este sistema ofrece seis grados de libertad de movimientos, permitiendo la máxima flexibilidad a la hora de colocar al paciente de forma más precisa para recibir el haz de protones.

IBA está a la vanguardia del desarrollo tecnológico necesario para los sistemas de protonterapia. Con la

autorización de la FDA en los Estados Unidos, la marca CE en Europa y la autorización de la SFDA en China, IBA es líder mundial en sistemas de tratamiento mediante haz de protones autorizados por los organismos reguladores.

EL FUTURO DE LA PROTONTERAPIA

Puesto que hay relativamente pocas instalaciones de protonterapia, los centros existentes se dedican a tratar pacientes no sólo de su región, sino de todo el mundo. Está claro que, cuando se trata de buscar el mejor tratamiento posible contra el cáncer, a los pacientes no les importan las distancias.

Hoy en día hay decenas de miles de pacientes que podrían beneficiarse de la protonterapia y sólo 37 centros en el mundo, por lo que el acceso al tratamiento es un problema importante. Una de las razones por las que los

centros de protonterapia clínica son actualmente escasos es la económica. Como media, cuesta más de 110 millones de dólares construir y equipar un centro de protonterapia.

Para favorecer la expansión de esta técnica, compañías como IBA están desarrollando actualmente sistemas más pequeños y económicos. Estos nuevos diseños requieren menos superficie, cuentan con una única sala de tratamiento y se equipan con un ciclotrón mucho más pequeño. Esta reducción del tamaño se traducirá en un importante ahorro de costes.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Shinohara, E. Module 1: An Introduction to Proton Therapy. OncoLink, Centro Oncológico Abramson de la Universidad de Pennsylvania. <http://www.oncolink.org/treatment/article.cfm?c=9&s=131&id=412>.
- [2]. Idem ■