



ARTÍCULO ORIGINAL

Efectos agudos de la radioterapia estereotáctica y de la radiocirugía robótica: Experiencia con el *Cyberknife* en el Hospital de Oncología del CMN SXXI



Judith Huerta Bahena^{a,*}, Armando Félix Leyva^a, Alberto Pérez Contreras^b, Adán Agreda Vásquez^b y Fabiola Manrique Tatenco^a

^a Departamento de Radioterapia, Hospital de Oncología Centro Médico Nacional SXXI, México, D.F., México

^b Servicio de Neurocirugía, Unidad de Radiocirugía Robótica, Hospital de Oncología Centro Médico Nacional SXXI, México, D.F., México

Recibido el 5 de diciembre de 2014; aceptado el 6 de marzo de 2015

Disponible en Internet el 15 de julio de 2015

PALABRAS CLAVE

Radiocirugía;
Cyberknife;
Morbilidad aguda

Resumen

Objetivo: En julio de 2012 se iniciaron los tratamientos de radiocirugía y radioterapia intracraneal y extracraneal estereotáctica en la unidad de radiocirugía robótica mediante el uso del equipo *Cyberknife* (Accuray Incorporated, Sunnyvale, California, EE. UU.). El siguiente trabajo es el reporte de la morbilidad aguda encontrada en el primer año de experiencia.

Material y métodos: Se analizaron los registros de los primeros 132 pacientes consecutivos con lesiones tanto intra- como extracraneales que fueron tratados en el acelerador lineal robótico no isocéntrico *Cyberknife*, entre julio de 2012 y junio de 2013. A 81 pacientes con 83 blancos intracraneales se les administraron tratamientos de radiocirugía (SRS) y radioterapia estereotáctica intracraneal, en tanto que 51 pacientes con 57 lesiones extracraneales recibieron tratamientos de radioterapia estereotáctica extracraneal (SBRT). Analizamos la morbilidad registrada durante el tratamiento y dentro de las 2 semanas posteriores. Asimismo, también se evaluó cualquier síntoma adverso que se presentó dentro de las 6 semanas posteriores al tratamiento utilizando para ello la escala de morbilidad aguda de la RTOG.

Resultados: En el grupo de pacientes con blancos intracraneales la lesión más frecuente fue el adenoma hipofisario, seguido por meningiomas, metástasis y schwannomas. El 69% de los pacientes tratados se mantuvieron completamente asintomáticos. El síntoma más frecuentemente reportado fue el mareo, seguido por cefalea; un paciente experimentó hipotensión y astenia, y 3 más una combinación de ambas. La morbilidad grado 2 se presentó en 6/23 pacientes. Un paciente con antecedentes de crisis convulsivas ameritó hospitalización por incremento en la intensidad de los episodios convulsivos. Se administró premedicación a 35 pacientes, 21 de los cuales permanecieron asintomáticos.

* Autor para correspondencia. Departamento de Radioterapia, Hospital de Oncología Centro Médico Nacional SXXI, Av. Cuauhtémoc 330, Col. Doctores. Delegación Cuauhtémoc CP 06720. México D.F. Tel.: (55)56276900; ext. 22678.

Correo electrónico: judithhuerta4@gmail.com (J. Huerta Bahena).

En el mismo periodo se trató a 51 pacientes con 57 lesiones extracraneales. El diagnóstico más frecuente fue cáncer de próstata y el resto presentaba enfermedad oligometastásica o lesiones primarias en pulmón e hígado. En este grupo de pacientes, el 44% no presentó síntomas asociados al tratamiento, en tanto que 12 requirieron tratamiento sintomático; en 12 pacientes se reportó morbilidad grado 2. No se registró ningún caso de morbilidad grado 3.

Conclusiones: La morbilidad aguda encontrada en el primer año de experiencia utilizando radiocirugía o radioterapia estereotáctica intra- y extracraneal es mínima y fácilmente manejable, lo cual confirma la seguridad de estos tratamientos.

© 2015 Sociedad Mexicana de Oncología. Publicado por Masson Doyma México S.A. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

KEYWORDS

Radiosurgery;
Cyberknife;
Acute morbidity

Acute side effects of stereotactic radiotherapy and robotic radiosurgery: Experience with Cyberknife in the Oncology Hospital Medical National Centre SXXI

Abstract

Purpose: On July 2012, treatments with both intracranial and extracranial stereotactic radiotherapy, using the Cyberknife system (Accuray Incorporated, Sunnyvale, California, USA), were started at the Robotic Radiosurgery Unit. This work is the report of the acute morbidity found throughout the first year of experience.

Material and methods: An analysis was performed on the records of the first 132 consecutive patients with intra- and extracranial lesions, treated with the robotic non-isocentric linear accelerator between July 2012 and June 2013. Intracranial radiosurgery (SRS) and stereotactic radiotherapy treatments were administered to 81 patients with 83 intracranial targets, and 51 patients with 57 lesions received extracranial stereotactic radiotherapy treatments (SBRT). An analysis was made of acute morbidity occurring during the treatment, and within the 2 subsequent weeks. Additionally, any symptom occurring within 6 weeks after the treatment was also assessed using the RTOG scale for acute morbidity.

Results: In the group of patients with intracranial target lesions, the most common tumour was pituitary adenoma, followed by meningioma, metastases, and schwannoma. Sixty-nine percent treated patients remained completely asymptomatic. The most frequently reported symptom was dizziness, followed by headache. One patient experienced hypotension and asthenia, and 3 other patients reported a combination of both these symptoms. Grade 2 morbidity was reported in 6 of the 23 patients. One patient with a history of seizures required hospital admission due to increased severity of the convulsive episodes. Pre-medication was given to 35 patients, out of which 21 remained asymptomatic.

During the same period, 51 patients with 57 extracranial lesions were treated. The most common diagnosis was prostate cancer and the rest had oligometastases or primary lung or liver lesions. In this group of patients, 44% had no treatment-associated symptoms, whereas 12 required symptomatic treatment. Grade 2 morbidity was reported in 12 patients. There were no cases of Grade 3 morbidity.

Conclusions: Acute morbidity found within the first year of experience using intra- and extracranial stereotactic radiosurgery or radiotherapy is minimal and easily manageable, which demonstrates the safety of both these treatments.

© 2015 Sociedad Mexicana de Oncología. Published by Masson Doyma México S.A. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

El tratamiento de radiocirugía estereotáctica (SRS, *stereotactic radiosurgery*), término acuñado originalmente por Lars Leksell en la década de los cincuenta¹, se define como la destrucción selectiva, sin bisturí, de un blanco intracraneal que se localiza en forma precisa mediante un sistema de coordenadas utilizando una sola dosis de radiación. En la actualidad, esta modalidad terapéutica está ampliamente

difundida a nivel mundial. La variante fraccionada de este tratamiento, llamada radioterapia estereotáctica o SRT (*stereotactic radiotherapy*) y SBRT (*stereotactic body radiation therapy*), respectivamente, puede ser aplicada tanto a blancos intracraneales como extracraneales^{2,3}. En el Hospital de Oncología del CMN SXXI se dispone de la posibilidad tecnológica para realizar dichos procedimientos con la reciente adquisición del equipo de radiocirugía robótica llamado *Cyberknife* y de un acelerador lineal con microcolimador.

Sin embargo, a pesar de la amplia experiencia que se ha reportado acerca de los resultados terapéuticos y la toxicidad a largo plazo asociada a este tipo de tratamientos, la frecuencia y el tipo de efectos inmediatos agudos asociados son deficientemente reportados. El presente trabajo analiza la intensidad y el tipo de efectos agudos encontrados durante el tratamiento y dentro de las primeras 4 semanas posteriores en los primeros 132 pacientes consecutivos sometidos a este tipo de tratamiento.

Material y métodos

A partir del 16 de julio de 2012, en la Unidad de Radiocirugía Robótica del Hospital de Oncología del Centro Médico Nacional SXXI, se inició el tratamiento de pacientes con radiocirugía robótica tanto para lesiones intracraneales como extracraneales utilizando el sistema *Cyberknife* (Accuray Incorporated, Sunnyvale, California, EE. UU.). El presente trabajo evalúa los efectos agudos inmediatos de los primeros 132 pacientes. De ellos, 51 pacientes corresponden a blancos extracraneales. Los 81 pacientes restantes recibieron tratamiento de SRS (64 casos) y SRT (17 casos). Con el objeto de disminuir el rango de los movimientos del cráneo en los pacientes que recibieron SRS o SRT, utilizamos una máscara termoplástica Aquaplast® estándar. El tumor más frecuente fue el meningioma con 19 casos, seguido por 18 casos de adenomas hipofisarios, 6 de metástasis en el sistema nervioso central, 12 malformaciones arteriovenosas, 8 schwannomas vestibulares y 10 casos de otras lesiones del sistema nervioso central.

Un total de 51 pacientes recibieron 57 tratamientos de SBRT: 37 por cáncer de próstata confinado al órgano, 8 por lesiones pulmonares, 7 por lesiones hepáticas y 4 casos por enfermedad oligometastásica y un tumor de páncreas (tabla 1).

El rastreo y la corrección de los movimientos de los blancos tanto intra- como extracraneales se realizó mediante la aplicación de marcas fiducias dentro o en la proximidad del espacio de tratamiento, así como mediante los métodos de rastreo incluidos en el equipo, utilizando para ello imágenes 2D/2D KV (*Xsight skull*, *Xsight lung* y *Xsight spine*). La alineación de los haces durante el tratamiento se basó por lo tanto en el registro automático

de las radiografías reconstruidas digitalmente, generadas a partir del modelo del paciente en 3D con imágenes en vivo adquiridas en la sala de tratamiento. La adquisición de las imágenes, la localización del blanco y las correcciones en la alineación son repetidas continuamente durante el tratamiento, típicamente en lapsos de cada 15-60seg. Todos los pacientes se trataron dentro de las 2 semanas posteriores a la realización de una simulación por TAC con y/o sin contraste, RMN, PET y fusión de imágenes.

Específicamente, la dosis prescrita a los pacientes con metástasis cerebrales se basó en los datos del estudio RTOG 95-08⁴. Los meningiomas tratados con SRS recibieron una dosis de entre 12 y 16 Gy dependiendo del volumen de tratamiento y la cercanía de las estructuras críticas (tronco encefálico, vía óptica), en tanto que en el caso de la SRT se utilizó una dosis de 25 Gy en 5 fracciones. El tamaño de las lesiones fue lo que determinó la dosis para las malformaciones arteriovenosas (18-20 Gy). En el caso de los adenomas hipofisarios, la dosis para los no funcionales fue de entre 14 y 16 Gy y para los funcionales de 21 a 23 Gy. Los neurinomas del acústico recibieron una dosis de entre 12 y 14 Gy.

En los pacientes con cáncer de próstata tratados con SBRT, la dosis fue de 35 o 36.25 Gy en 5 fracciones de conformidad con las principales series reportadas^{5,6}. En la enfermedad oligometastásica, la dosis prescrita dependió de la localización de la metástasis, así como del sitio afectado y la cercanía de órganos de riesgo, con un rango de entre 10 y 20 Gy por fracción para un máximo de 3 fracciones por lesión.

Los pacientes que recibieron tratamiento fraccionado (SRT o SBRT) fueron valorados por lo menos una vez por semana y a un mes del tratamiento o cuando fue necesario.

Los síntomas asociados al tratamiento se evaluaron con base en los criterios del Grupo de Radioterapia Oncológica (RTOG, *Radiation Therapy Oncology Group*) de morbilidad aguda, dependiendo de los órganos de riesgo incluidos en el tratamiento de radiocirugía o radioterapia estereotáctica craneal o extracraneal⁷. Cualquier síntoma no previsto que se presentó dentro de las primeras 6 semanas posteriores al tratamiento con el equipo *Cyberknife* fue considerado también como un efecto adverso y se incluyó en el análisis. Asimismo, analizamos las variables relacionadas con el paciente y el tratamiento que pudieran favorecer la presencia de morbilidad aguda en el caso de los blancos

Tabla 1 Características generales de los pacientes

Lesiones intracraneales			Lesiones extracraneales			Total
Variable	Núm.	%	Variable	Núm.	%	
Núm. de Pacientes	81	61	Núm. de Pacientes	51	39	132
Núm. de tratamientos	83	60	Núm. de tratamientos	57	40	140
Diagnóstico			Diagnóstico			
Meningioma	19	14	Ca. próstata	37	26	
Adenomas hipofisarios	18	12	Lesiones pulmón	8	6	
Metástasis	16	11	Lesiones hígado	7	5	
Malformación arteriovenosa	12	9	Enfermedad oligometastásica	4	3	
Schwannomas	8	6	Otros	1	1	
Otros	10	7				
Tratamientos	83	100	Tratamientos	57	100	

intracraneales, entre ellas edema perilesional previo, uso de esteroides, dosis total, dosis equivalente con fraccionamiento convencional, inhomogeneidad, isodosis prescrita, tamaño del blanco en cc y dosis a órganos en riesgo. En el caso de los blancos extracraneales, se analizaron otros factores previos al tratamiento en los pacientes, entre ellos la edad, antecedentes de patologías crónicas, uso de quimio- o radioterapia previa, cirugías previas y factores relacionados con el tratamiento, como la dosis total, dosis equivalente con fraccionamiento convencional, inhomogeneidad, isodosis prescrita, tamaño del blanco en cc y dosis a los órganos en riesgo.

Estadística: El análisis estadístico se efectuó utilizando el paquete Graph Pad PRISM.V6, evaluándose las frecuencias generales con medidas de tendencia central y para la búsqueda de asociaciones se realizaron tablas de contingencia y pruebas de Fisher.

Resultados

Tratamientos intracraneales

De julio de 2012 a agosto de 2013 se administraron 140 tratamientos de radiocirugía en 132 pacientes utilizando como plataforma el equipo *Cyberknife*. De los 140 tratamientos, 83 se administraron a blancos intracraneales (59%), en tanto que el 41% (57 tratamientos) se administraron en lesiones extracraneales. La tabla 1 describe las características generales de los pacientes tratados en blancos intracraneales. El diagnóstico más frecuente fue meningioma (22 pacientes), seguido por el de adenomas hipofisarios (18 casos) y malformaciones arteriovenosas (11 lesiones). La mayoría de estos pacientes recibieron tratamiento en una sola fracción y solo el 26% ameritó SRT; el fraccionamiento utilizado en estos casos fue de 3 a 5 fracciones. Dos pacientes recibieron 2 sesiones de radiocirugía a blancos intracraneales independientes por lesiones metastásicas, en tanto que 79 pacientes recibieron un solo tratamiento.

En cuanto a la morbilidad presentada, en 58 de 83 tratamientos administrados a lesiones intracraneales los pacientes se mantuvieron completamente asintomáticos (69%), 15 pacientes (18%) presentaron vértigo o mareo, 10 pacientes (12%) experimentaron cefalea asociada al tratamiento y 7 casos náuseas (8%), aunque solo uno requirió tratamiento médico (tabla 2). Un paciente con

malformaciones arteriovenosas tratado con una dosis de 20Gy en una fracción presentó crisis convulsivas dentro de las 24 h posteriores al tratamiento, lo cual ameritó internamiento durante 12 h, así como la realización de TAC de cráneo. El estudio mostró edema perilesional y el paciente permaneció hospitalizado 24 h, durante las cuales se aplicaron medidas antiedema. Este paciente experimentaba en promedio 1-2 eventos de crisis convulsivas de ausencia cada semana, pero tras la aplicación del tratamiento de SRS, el aumento en la frecuencia de dicho cuadro ameritó su internamiento.

Como medida profiláctica se aplicó una dosis única de dexametasona intramuscular de 8-16 mg a 35 de 81 pacientes (43%). Solo un paciente requirió tratamiento antiemético parenteral y un paciente más recibió tratamiento analgésico intramuscular tras el tratamiento.

No se detectó ninguna correlación entre la morbilidad y la dosis programada de radiocirugía o radioterapia estereotáctica fraccionada, el diagnóstico o el número de sesiones. Al evaluar la relación entre el uso de esteroides profilácticos y la morbilidad, se encontró una incidencia superior de morbilidad estadísticamente significativa ($p=0.03$) en el grupo de pacientes que recibieron tratamiento esteroideo profiláctico frente a aquellos que no lo recibieron. La morbilidad general (tabla 2) se consideró de grado 1 en el 74% de los casos y grado 2 en el 26%. Como morbilidad subaguda, 7 de 81 pacientes presentaron alopecia en parches que se documentó en promedio 4 semanas tras el tratamiento (fig. 1).



Figura 1 Fotografía de una paciente con parches de alopecia asociada al tratamiento de SRS.

Tabla 2 Morbilidad en tratamientos intracraneales

Síntoma	Núm. de tratamientos en los que se reportó el síntoma	%
Asintomáticos	58	73
Mareo	15	10
Náuseas	7	9
Cefalea	10	5
Convulsiones	1	1
Hipotensión y astenia	1	1

Grado 1 17/23 pacientes, 74%.

Grado 2*: 6/23 pacientes, 26%.

*Se refiere a la presencia de 2 o más síntomas y/o necesidad de manejo médico.

Tabla 3 Morbilidad de la SBRT

Síntoma	Núm. de tratamientos en los que se reportó el síntoma	%
Asintomáticos	25	44
Disuria	21	38
Náuseas y mareo	4	7
Dolor local	3	5
Polaquiuria, nicturia	2	3
Hipotensión, tos y astenia	2	3

Grado 1: 20/32 pacientes, 65%.

Grado 2*: 12/32 pacientes 35%.

*Se refiere a la presencia de 2 o más síntomas y/o necesidad de manejo médico.

Tratamientos extracraneales

Durante el mismo periodo, se administraron 57 tratamientos de radiocirugía estereotáctica corporal a 51 pacientes; es decir, el 41% del total de casos analizados correspondió a tratamientos de SBRT. El diagnóstico más frecuente fue cáncer de próstata, seguido por lesiones oligometastásicas a nivel pulmonar, hepático y ganglionar a retroperitoneo o pelvis (tabla 1). En la mayoría de estos pacientes (65%) el fraccionamiento utilizado fue de 5 sesiones, en tanto que el 35% de los pacientes recibió 3 fracciones de tratamiento.

Seis pacientes con enfermedad oligometastásica recibieron 2 sesiones independientes de tratamiento con SBRT, 2 por lesiones pulmonares bilaterales, 2 por 2 lesiones metastásicas hepáticas cada uno que no fueron incluidas en el mismo blanco, un caso se trató en pulmón y retroperitoneo y el último paciente en hígado y retroperitoneo. En todos estos casos se inició con la lesión más voluminosa y se administró el tratamiento en forma secuencial sin interrupción o con descanso semanal en función de la tolerancia al tratamiento inicial.

En la tabla 3 se presenta la morbilidad asociada a los 57 tratamientos de SBRT. En el 56% de los pacientes se presentó algún grado de morbilidad general, en tanto que el resto (25 pacientes) se mantuvo completamente asintomático. De manera global, la morbilidad más frecuente fue de tipo genitourinario grado 1 y grado 2, puesto que el 65% de los tratamientos de SBRT correspondió a cáncer de próstata. El análisis de los factores asociados a dicha morbilidad se presentará en otro reporte (preparación en curso), pero se pudo determinar que la sintomatología principal en ese grupo de pacientes fue de naturaleza irritativa genitourinaria y con menor frecuencia gastrointestinal. Asimismo, encontramos que los factores asociados a su presencia fueron principalmente aquellos que están relacionados con el paciente más que con el tratamiento. Debido a la diversidad de las áreas de tratamiento en el resto de los pacientes tratados con SBRT aparte de la próstata, los síntomas que observamos fueron muy variados, entre ellos tos, náuseas, cefalea, estreñimiento, dolor en la zona de tratamiento y mareo. En todos los casos la sintomatología fue leve y la mayoría de ellos se resolvió espontáneamente. El tratamiento médico sintomático para el control de dicha morbilidad se administró solo en 12 pacientes y 4 más recibieron

tratamiento médico sintomático de manera profiláctica, el cual incluyó el uso de antieméticos y dexametasona.

Discusión

El presente reporte analiza exclusivamente los síntomas agudos asociados al tratamiento de radiocirugía craneal y extracraneal, incluidos aquellos que se presentaron dentro de las primeras 8 semanas posteriores al tratamiento. En los tratamientos de radioterapia craneal, el principal efecto secundario asociado a la irradiación del tejido cerebral es el edema⁸, el cual se considera la causa de la intensificación de los síntomas neurológicos preexistentes causados por la lesión a tratar⁹. En la mayoría de los pacientes, la sintomatología general puede ir desde síntomas ligeros como fatiga, alopecia general o focal y eritema de la piel, hasta síntomas relacionados con un aumento de la presión intracraneal que pueden derivar en deterioro neurológico severo, neuropatía intracraneal, necrosis cerebral o del tronco encefálico, encefalomalacia, eventos vasculares cerebrales, edema y segundas neoplasias. La tolerancia del sistema nervioso central a la radiación depende de factores como la dosis total, dosis por fracción, tiempo total de tratamiento y el volumen, así como de factores propios del paciente, el tipo de radiación y el uso de otras terapias^{10,11}. En cuanto a los factores relacionados directamente con el tratamiento, la dosis total, la dosis por fracción, el tipo de radiación, los esquemas hipofraccionados y el volumen de tejido cerebral irradiado son los más importantes¹². El daño por irradiación al sistema nervioso central se clasifica de acuerdo a la severidad y el tiempo de aparición y, aunque el edema inducido por radiación puede ser un evento tanto agudo como tardío, normalmente se considera un proceso agudo o subagudo y responde de manera adecuada al uso de corticoesteroides¹³. En la presente serie, la presencia de sintomatología relacionada con el tratamiento de radiocirugía o radioterapia estereotáctica intracraneal fue poco frecuente (30%) y en su mayoría se clasificó como leve y de resolución espontánea⁷. La cefalea y el mareo fueron los principales síntomas reportados dentro de las primeras 12 h posteriores al tratamiento y en la mayoría de los casos se resolvieron de manera espontánea o requirieron únicamente de tratamiento médico sintomático convencional. El uso profiláctico de esteroides se requirió en el 43% de los pacientes y no redundó en una disminución de la presencia y/o severidad del edema postradiocirugía, dado que en este grupo de pacientes el 60% no reportó sintomatología alguna posterior al tratamiento. En contraste, el 80% de los pacientes que no recibieron profilaxis con esteroides tampoco reportó sintomatología secundaria al tratamiento con radiocirugía y, si bien se reportó una diferencia estadísticamente significativa en la incidencia de morbilidad entre los 2 grupos, se consideró para tratamiento profiláctico con esteroides a aquellos sujetos que presentaban mayor riesgo de efectos secundarios (la mayoría de ellos con malformaciones arteriovenosas). En concordancia con nuestra casuística, Werner-Wasik et al.¹⁴, en una serie de 78 pacientes con lesiones intracraneales tratadas con SRS o SRT, no encontraron ninguna asociación entre la prevención de la aparición de efectos secundarios inmediatos y el uso de esteroides profilácticos y desaconsejan su uso rutinario. Sin embargo, es

ampliamente reconocido que, ante la presencia de efectos secundarios inmediatos, la administración de corticosteroides produce un rápido alivio de los síntomas y su uso parece una decisión razonable. Flickinger et al., en un estudio con 332 pacientes con malformaciones arteriovenosas que recibieron radiocirugía con *Gammaknife*, reportaron que si bien el 9% (30 pacientes) presentó secuelas sintomáticas agudas postradiocirugía solo el 1% de ellos persistieron con deterioro neurológico¹⁵. Por lo tanto, parece ser que, en la mayoría de los casos, la presencia de efectos secundarios inmediatos es mínima y rápidamente reversible y no se correlaciona necesariamente con la presencia de efectos neurológicos a largo plazo.

En cuanto a la morbilidad observada en el grupo de pacientes tratados con SBRT a blancos no prostáticos, la baja frecuencia y la diversidad de la sintomatología referida no permitió extraer conclusiones definitivas en cuanto a la prevención de la misma ni sobre su asociación con parámetros del tratamiento. Sin embargo, recomendamos la vigilancia estrecha y la indicación al paciente de cuáles son los signos y síntomas de alarma, especialmente en aquellos pacientes en quienes las dosis a órganos críticos son cercanas a los rangos máximos de tolerancia reportados en la literatura¹⁶. Si bien la mayoría de las series de pacientes tratados con SBRT por lesiones prostáticas reportan toxicidad tardía, Madsen et al.¹⁷, en una serie de 40 pacientes con cáncer de próstata tratados con SBRT a dosis de 33.5 Gy en 5 fracciones, solo reportaron un caso de toxicidad urinaria aguda grado 3, en tanto que en el 90% se alcanzó un control bioquímico a 4 años. En nuestro grupo de 37 pacientes con cáncer de próstata, 14 (38%) no presentaron ninguna morbilidad. Asimismo, en ninguno de los 23 pacientes con alguna sintomatología se reportó morbilidad grado 3. El análisis detallado de los parámetros asociados a la toxicidad aguda en pacientes tratados con SBRT en nuestra unidad se encuentra en proceso y se reportará en otro trabajo.

Conclusión

En conclusión, los efectos agudos inmediatos asociados a tratamientos de radiocirugía y radioterapia estereotáctica craneal y extracraneal se presentan en un tercio de los pacientes, por lo general están relacionados con el foco del tratamiento, y su naturaleza está más relacionada con el paciente que con el uso profiláctico de tratamiento médico o los parámetros del tratamiento. Por lo tanto, la administración segura de grandes dosis de radiación amerita además de una adecuada valoración integral del paciente, las posibilidades de un alto grado de precisión y concentración de la dosis en la zona irradiada, así como la preservación de órganos sanos y la adherencia a las recomendaciones sobre las dosis administradas en órganos críticos que permiten administrar dosis ablativas¹⁸, incluso con fines paliativos, con una toxicidad mínima.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. Leksell L. The stereotactic method and radiosurgery of the brain. *Acta Chir Scand*. 1951;102:316-9.
2. Brenner DJ, Martel MK, Hall EJ. Fractionated regimens for stereotactic radiotherapy of recurrent tumors in the brain. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1991;21:819-24.
3. Whyte RI, Crownover R, Murhp MT, et al. Stereotactic radiosurgery for lung tumors: Preliminary report of a phase I trial. *Ann Thorac Surg*. 2003;75:1097-101.
4. Shaw E, Scott C, Souhami L, et al. Single dose radiosurgical treatment of recurrent previously irradiated primary brain tumors and brain metastases: Final report of RTOG protocol 95-08. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2004;47:291-8.
5. King CR, Brooks JD, Gill H, Pawlicki T, Cotrutz C, Presti JC Jr. Stereotactic body radiotherapy for localized prostate cancer: Interim results of a prospective phase II clinical trial. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2009;73:1043-8.
6. Katz AJ, Santoro M, Ashley R, Diblasio F, Witten M. Stereotactic body radiotherapy for organ-confined prostate cancer. *BMC Urol*. 2010;10:1.
7. Cox JD, Stetz J, Pajak TF. Toxicity criteria of the Radiation Therapy Oncology Group and the European Organization for Research and treatment of cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1995;31:1341-6.
8. Rubin P, Casarett GW. Central nervous system. *Clinical radiation pathology*, Vol. 2. Philadelphia, London and Toronto: W.B. Saunders; 1968. p. 609-61.
9. Sheline GE, Wara WM, Smith V. Therapeutic irradiation and brain injury. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1980;6:1215-28.
10. Leibel SA, Sheline GE. Tolerance of the brain and spinal cord to conventional. En: Gutin P, Liebel SA, Sheline GE, editores. *Radiation injury to the nervous system*. 1st ed. New York: Raven Press; 1991. p. 211-38.
11. Schultheiss TE, Kun LE, Ang KK, Stephens LC. Radiation response of the central nervous system. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1995;31:1093-112.
12. Crossen JR, Garwood D, Glatstein E, Newalt EA. Neurobehavioral sequelae of cranial irradiation in adults: A review of radiation induced encephalopathy. *J Clin Oncol*. 1994;12:627-42.
13. Schaw EG, Robbins E. The management of radiation-induced brain injury. En: Small W Jr, Woloshack GE, editores. *Radiation toxicity: A practical guide*. Chicago: Springer Science Media Business, Inc.; 2006. p. 16-8.
14. Werner-Wasik M, Rudoler S, Preston PE, et al. Immediate side effects of stereotactic radiotherapy and radiosurgery. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1999;43:299-304.
15. Flickinger JC, Pollock BE, Kondziolka D, Lundsford LD. A dose-response analysis of arteriovenous malformation obliteration after radiosurgery. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 1996;36:873-9.
16. Timmerman RD, Bisekis CS, Pass HI, et al. Local surgical, ablative, and radiation treatment of metastases. *CA Cancer J Clin*. 2009;59:145.
17. Madsen BL, His RA, Pham HT, Fowler JF, Esagui L, Corman J. Stereotactic hypofractionated accurate radiotherapy of the prostate (SHARP), 33.5 Gy in five fractions for localized disease: First clinical trial results. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2007;67:1099-105.
18. Grills IS, Mangoma VS, Welsh R, et al. Outcomes after stereotactic lung radiotherapy or wedge resection for stage I non-small-cell lung cancer. *J Clin Oncol*. 2010;28:928-35.