

Médica Sur

Volumen
Volume 9

Número
Number 3

Julio-Septiembre
July-September 2002

Artículo:

Importancia de la selectividad y conformación en la radiocirugía

Derechos reservados, Copyright © 2002:
Asociación Médica del American British Cowdray Hospital, AC

**Otras secciones de
este sitio:**

-  [Índice de este número](#)
-  [Más revistas](#)
-  [Búsqueda](#)

***Others sections in
this web site:***

-  [Contents of this number](#)
-  [More journals](#)
-  [Search](#)



Medigraphic.com

Importancia de la selectividad y conformación en la radiocirugía

Dr. Ramiro del Valle Robles,* Dr. Salvador Ruiz González,* Dr. Ricardo Valenzuela Romero,* Dr. Luis Pérez Eupierre,* Dr. Ernesto Gómez González,* Dr. José Jaramillo Magaña,* Dr. Vicente Ramírez Castañeda,* Dr. Salvador de Anda Ponce de León,* Lic. En Física Juan José Ortiz Retana,* Fís. Miguel Ángel Pérez Pastenes*

Resumen

La radiocirugía es un tipo de tratamiento con radiación ionizante el cual se aplica en forma multidisciplinaria con la participación de especialistas médicos y expertos en física médica. Básicamente el procedimiento tiene tres etapas:

- a) La selección clínica y definición del volumen blanco con imágenes digitales.
- b) Diseño del volumen y dosis de la radiación bajo los principios radioquirúrgicos de alta dosis de radiación a un volumen blanco pequeño y mínima dosis hacia los tejidos sanos en base a su sensibilidad radiobiológica.
- c) Aplicación de la radiación en la unidad de radiación ya sea con el bisturí de rayos gamma o con un acelerador lineal.

En el control de calidad se tiene especial cuidado para garantizar que el plan de tratamiento sea altamente conformal (el volumen de radiación debe corresponder al volumen y forma del volumen blanco) y altamente selectivo (la radiación dispersa fuera del objetivo blanco debe ser mínima).

Se muestran las implicaciones que tienen la conformación y selectividad en el control de calidad de la radiocirugía, considerando las diferencias dependientes del tipo de equipo de radiación incluyendo el riesgo de complicaciones. También se comenta la diferencia de sensibilidad radiobiológica de los tejidos sanos y tumores benignos cuando el tratamiento con radiación se aplica en dosis única (radiocirugía) o en dosis fraccionada durante varios días (radioterapia).

Palabras clave: Radiocirugía, Gamma Knife, acelerador lineal, conformación, selectividad, radiobiología.

La radiocirugía es una técnica neuroquirúrgica que se aplica en forma multidisciplinaria, con la participación de neurocirujanos, radio-oncólogos, físicos, neurorradiólogos y técnicos en radiación. Por definición, la radiocirugía implica la aplicación de una dosis muy alta de radiación, en un volumen pequeño y mínima dispersión de radiación hacia los tejidos sanos que rodean el objetivo.

* Unidad Gamma Knife, Hospital Médica Sur, Miembros de la Sección de Radiocirugía y Radioterapia Estereotáctica del Colegio Mexicano de Cirugía Neurológica.

Abstract

The radiosurgery is a multidisciplinary technique delivering a high single dose of ionizing radiation in small target with minimal risk to perilesional tissues. Basically the procedure includes the clinical selection and target digital image guided definition. Treatment planning and treatment application.

It is mandatory to keep in mind the conformality and selectivity in order to assure the highest efficient rate and the lowest risk of complications.

The potential risk depending on the conformal and selective capabilities of the equipment are discussed.

Key words: *Radiosurgery, Gamma Knife, lineal accelerator, conformality, selectivity, radiobiology.*

Durante varias décadas la radiocirugía ha sido útil para disminuir en forma significativa las complicaciones de la neurocirugía tradicional, ocupando la primera opción de tratamiento para los pacientes con malformaciones vasculares y tumores con alto riesgo quirúrgico. Así mismo, la radiocirugía representa el tratamiento complementario de primera elección para aquellos pacientes con tumores benignos, generalmente localizados en la encrucijada neurovascular de la base del cráneo donde es muy común que queden restos de tumor después de una extirpación quirúrgica parcial.

Importancia de la selectividad y conformación en la radiocirugía

Ha sido una práctica común, por la mayor disponibilidad tecnológica que los pacientes con restos de tumores benignos en la base del cráneo sean tratados con radioterapia convencional, lo cual significa la aplicación de radiación ionizante en campos amplios incluyendo grandes porciones de tejido sano en la vecindad del tumor, lo cual implica la administración

de la radiación durante varias sesiones para disminuir las complicaciones en las estructuras nerviosas normales.

Por otra parte, la radiocirugía es sinónimo de alta tecnología y dosis única de radiación a un volumen pequeño, el cual es definido con imágenes digitales de alta resolución con disminución importante de la radiación

Figura 1a
Probabilidad de complicación (%)

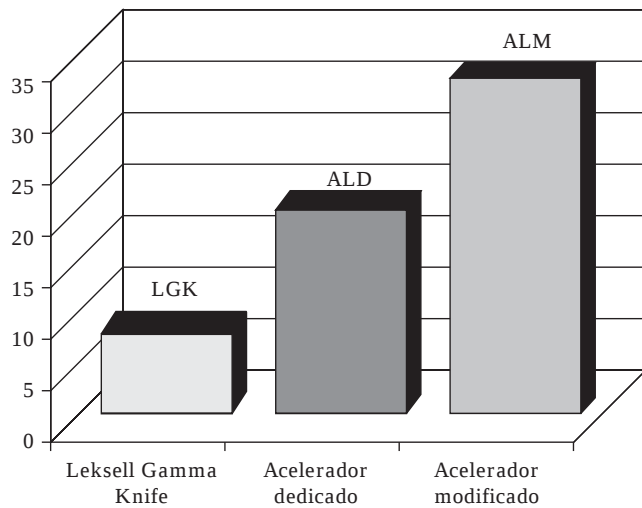
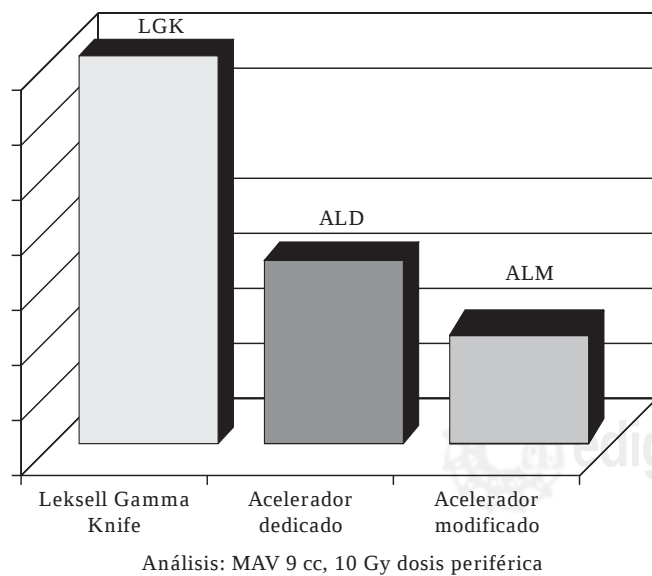


Figura 1b
Selectividad vs. metodología



Figuras 1a y 1b.

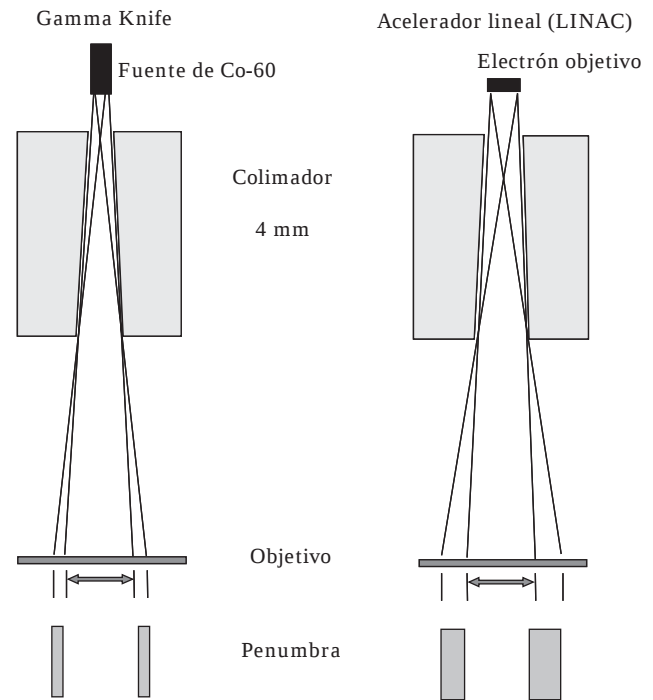


Figura 2.

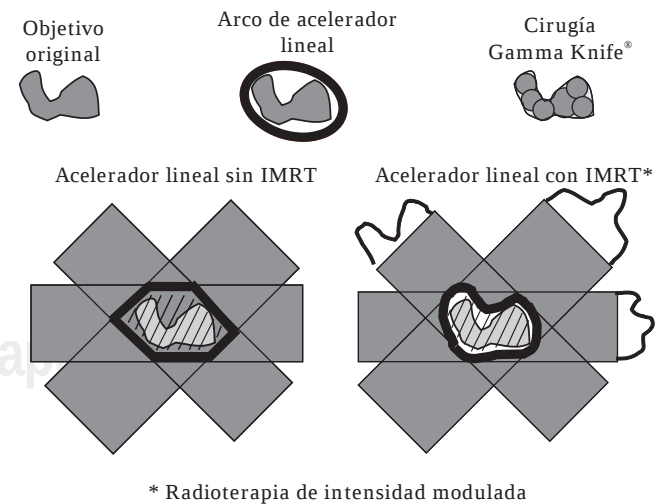


Figura 3.

Leksell Gamma Knife®
Múltiples isocentros pequeños

◆ Alto nivel de selectividad

⇒ Riesgo mínimo de complicaciones

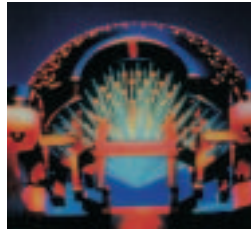


Figura 4.

Acelerador lineal μ MLC
Un isocentro

◆ Mayor cantidad de tejido sano irradiado

⇒ Dosis fraccionada disponible



Figura 5.



Objetivo dentro del cráneo

Leksell Gamma Knife®

Isocentros múltiples
usando **haces más angostos** = menor
sobreposición de haces

Linac dedicado (μ MLC)

Un isocentro con varios
haces anchos = mayor
sobreposición de haces

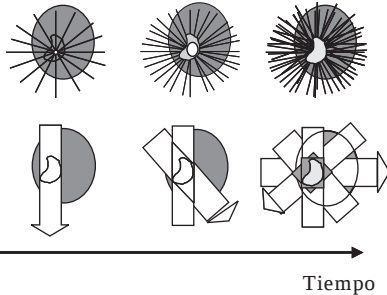


Figura 6.

El Gamma Knife cubre el 100% de lesión con la menor penumbra

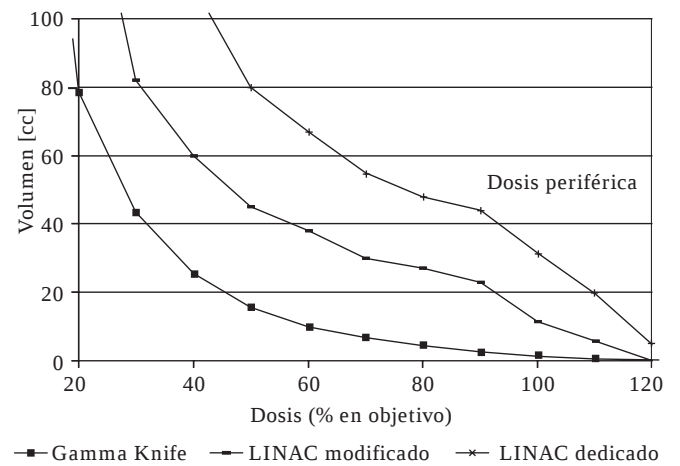


Figura 7.

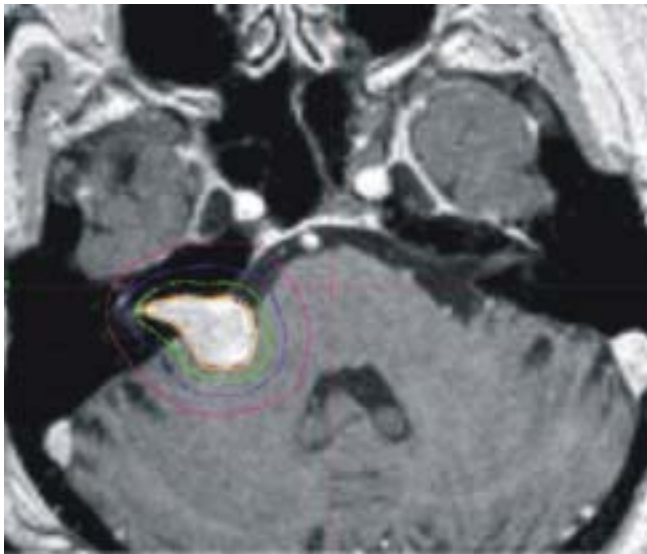


Figura 8.

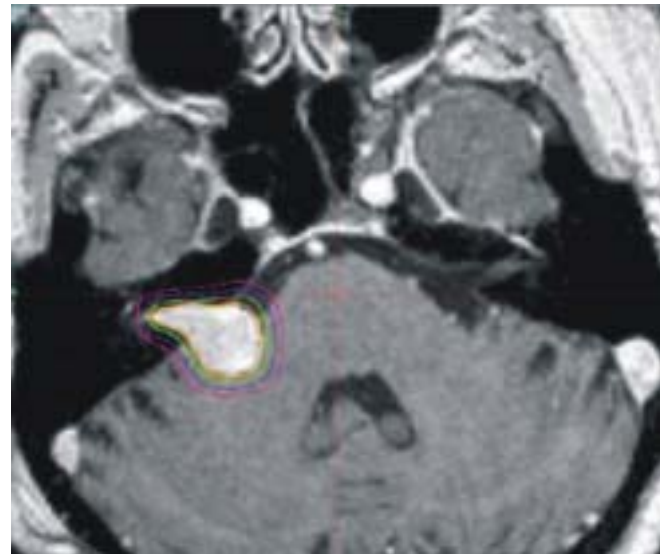


Figura 9.

Importancia de la selectividad y conformación en la radiocirugía

en la periferia del objetivo para mantener un índice alto de efectividad y un riesgo muy bajo de complicaciones.

Las imágenes digitales utilizadas para la planeación del tratamiento deben demostrar con toda precisión tridimensional tanto el objetivo de tratamiento como las estructuras nerviosas y vasculares perilesionales,

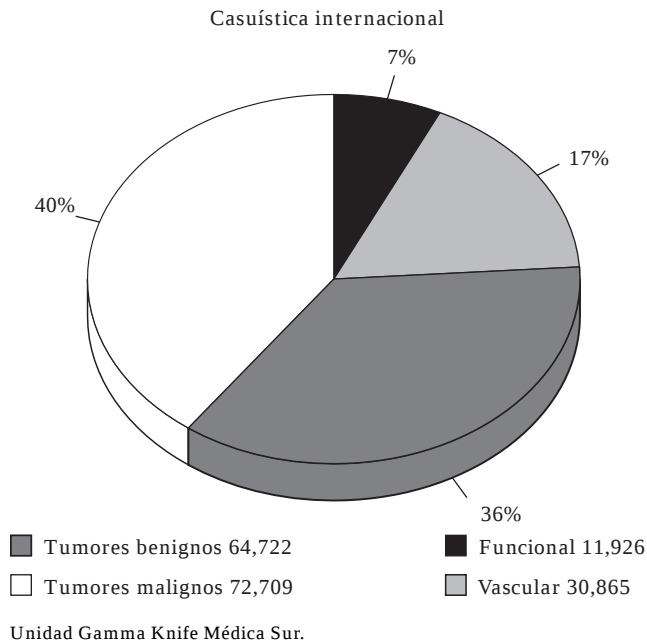


Figura 10. Pacientes tratados hasta diciembre 2001. N = 180,222.



Figura 12. Capsulotomía anterior para tratamiento de enfermedades psiquiátricas: trastorno obsesivo compulsivo de la personalidad y agresividad inmotivada. Gamma Knife.

para poder garantizar la mínima dosis de radiación hacia los tejidos sanos.



Figura 11. Plan altamente selectivo y conformal de un tumor en contacto con la vía visual. Gamma Knife.

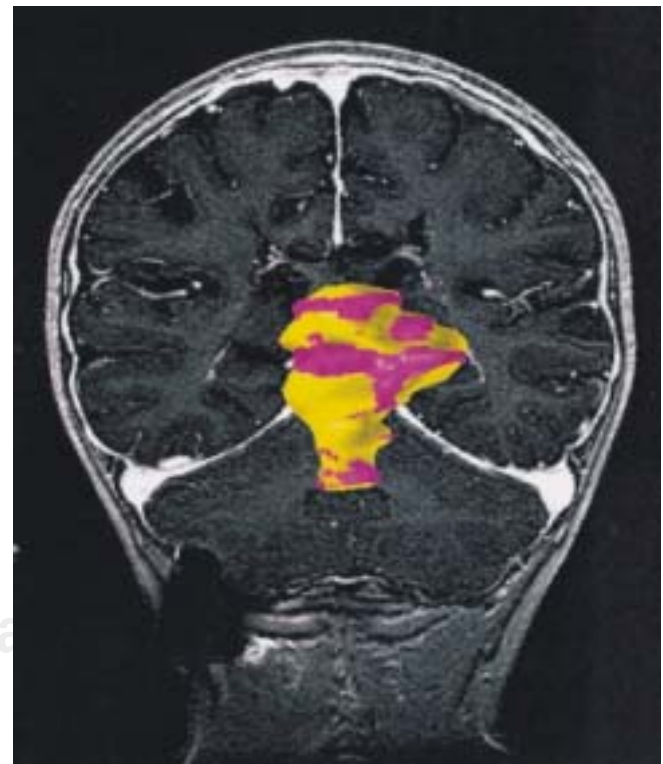


Figura 13. Tumor cerebral (X).

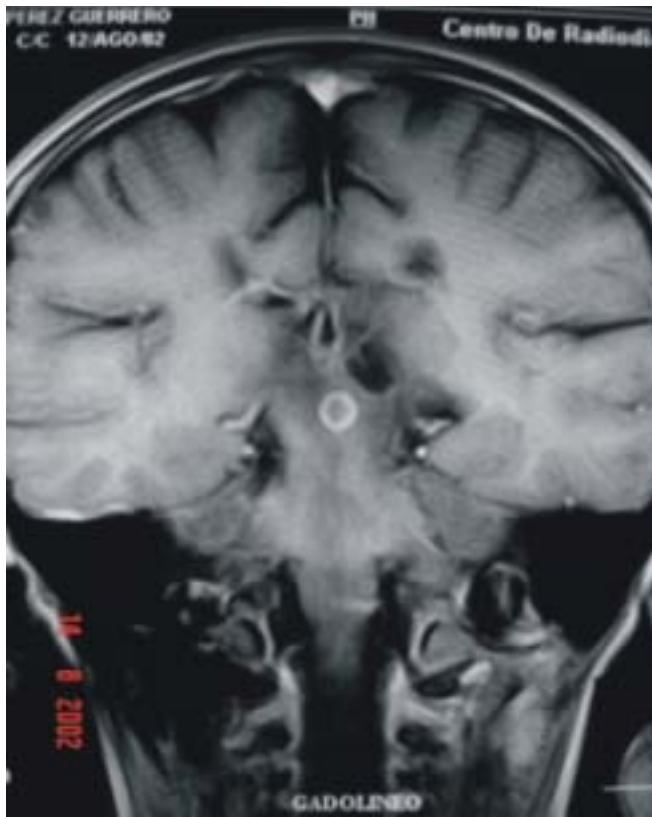


Figura 14. Involución del tumor (X) pos-Gamma Knife.

En la radiocirugía se utiliza radiación ionizante como rayos gamma, iones pesados o rayos X de alta energía, la cual se aplica en dosis única y requiere de pocas horas de hospitalización.

Existen diferencias significativas en los riesgos y beneficios, entre la administración de una dosis alta de radiación a un volumen pequeño (radiocirugía) y la aplicación de la radiación a dosis bajas durante varias sesiones a volúmenes de mayor tamaño (radioterapia). Algunas de las diferencias, están determinadas por la distinta sensibilidad radiobiológica entre las células de los tejidos sanos, tumores benignos y malignos.

La susceptibilidad de los tejidos a la radiación se determina por el cociente alfa/beta, el cual puede variar desde el valor 1 para el tejido cerebral normal hasta un valor de 10 para un tumor cerebral maligno. Para los tumores benignos como los meningiomas, adenomas de hipófisis, schwannomas, craneofaringiomas, dicho cociente varía de 1.5 a 2.5.

La unidad que se utiliza para medir la dosis de radiación absorbida en los tejidos es el Gray (Gy). Si

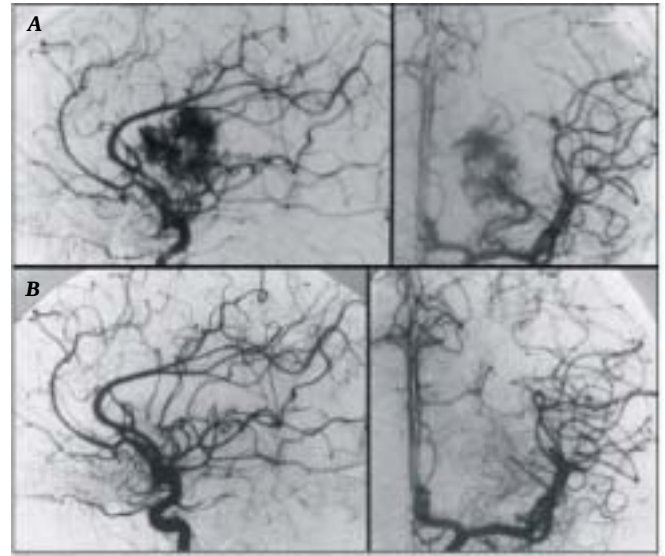


Figura 15. A. Malformación vascular profunda de alto riesgo quirúrgico. B. Curación con Gamma Knife sin operación.

medimos las diferencias de respuesta radiobiológica en función del cociente alfa/beta y la forma de aplicar la radiación en dosis única o fraccionada, encontramos que la absorción de 20 Gy en pocos minutos con radiocirugía, sería equivalente a 70 sesiones de radioterapia a la dosis de 2 Gy por sesión, aplicados al tejido cerebral sano cuyo cociente alfa/beta es uno, que corresponde al grupo de tejidos que responden tardíamente a la radiación.

Por otra parte la misma dosis absorbida de 20 Gy con radiocirugía en un tumor maligno, corresponde a 50 Gy con radioterapia, esto es, 25 sesiones de 2 Gy.

Habiéndose establecido que los tejidos sanos con cociente alfa/beta bajo, son altamente radiosensibles a largo plazo, se debe dar especial atención al control de calidad multidisciplinario con la participación de neurocirujanos, físicos, radiooncólogos y neurorradiólogos para lograr el máximo de *selectividad*. La selectividad se define como la proporción entre la radiación absorbida por el tejido blanco y la radiación absorbida por el tejido normal circundante:

$$\frac{E_{\text{blanco}}}{E_{\text{normal}}} = \frac{\sum_{i=0}^n (D_i - m_i)_{\text{blanco}}}{\sum_{j=0}^m (D_j - m_j)_{\text{tejido normal}}} = \frac{\bar{D}_{\text{blanco}} V_{\text{blanco}}}{\bar{D}_{\text{normal}} V_{\text{normal}}}$$

Por la relación de selectividad, un plan de tratamiento será más seguro para el paciente si garantiza el mínimo de dosis de radiación absorbida hacia los tejidos sanos.

Por otra parte, además de la *selectividad* se debe tomar en cuenta que los objetivos o lesiones para tratamiento con radiocirugía, representan volúmenes de forma irregular, lo cual implica que los equipos utilizados como fuente de radiación deben tener la capacidad de administrar la radiación, justo a la forma y medida del volumen blanco, concepto que se conoce como *conformación*.

Por lo tanto, la *selectividad* y la *conformación*, son requerimientos indispensables en el control de calidad de la radiocirugía, lo cual se traduce en el menor riesgo de complicaciones (*Figuras 1a y 1b*).

Los principales factores implicados en la *selectividad* son:

- a) Penumbra en el haz de radiación (*Figura 2*)
- b) Estabilidad mecánica de la fuente de radiación
- c) Imprecisión dosimétrica
- d) Sistema de planeación (Gamma-Plan)
- e) Número de campos de radiación

Ya sea por el volumen grande del objetivo o por la incapacidad del equipo para garantizar una penumbra estrecha de radiación fuera del objetivo, se recomienda la administración de la dosis en fracciones, permitiéndole a las células normales vecinas al tumor, que sufran menos el impacto radiobiológico. Por otra parte, la *efectividad radiobiológica* es significativamente mayor si la dosis de radiación se administra en una sesión a un tejido de respuesta tardía como los tumores benignos o el tejido nervioso sano cuando hay que modificarlo en su función en el caso de trastornos psiquiátricos, neuralgia del trigémino o el tejido cerebral anormal en los focos de epilepsia.

Los equipos más utilizados para radiocirugía y radioterapia estereotáctica son el Gamma Knife (LGK), el acelerador lineal dedicado (ALD) y el acelerador lineal modificado (ALM).

El Gamma Knife fue diseñado específicamente para radiocirugía intracraneal. Los haces de radiación son muy angostos, las fuentes de radiación son fijas y logra la más alta conformación basándose en isocentros múltiples desde el centro a la periferia del tumor (*Figuras 3 y 4*).

Los aceleradores lineales cuyas fuentes de radiación son móviles, fueron diseñados para radioterapia basándose en colimadores cilíndricos, con campos amplios de

radiación y sin límites de aplicación dentro o fuera del cráneo (*Figura 5*).

Habiéndose demostrado las bondades de la radiocirugía con el Gamma Knife, en los años 80, se hicieron modificaciones a los aceleradores para permitir la aplicación de rayos X de alta energía a volúmenes pequeños en sesión única, conservando el uso de colimadores cilíndricos.

En la siguiente etapa se han desarrollado nuevos equipos para radiocirugía y radioterapia estereotáctica intra y extracraneal, teniendo además la capacidad de modificar la intensidad de la radiación durante los movimientos del arco o gantry del acelerador (μ MLC).

Los equipos diseñados para radiocirugía y radioterapia estereotáctica en todas sus modalidades, utilizan colimadores con multihojas que pueden enviar la radiación a través de portales que adoptan la forma de la lesión para incrementar la capacidad de conformación, lo cual es superior a la conformación lograda con los aceleradores modificados con colimadores cilíndricos.

El diámetro del colimador multihojas corresponde a los diámetros mayores del tumor, con mayor diámetro del haz de radiación en comparación con los haces de radiación angostos del Gamma Knife (*Figura 6*).

Si la penumbra de radiación circundante y el volumen de tejido cerebral sano expuesto a radiación son altos, se requiere de fraccionamiento de la dosis, con las implicaciones radiobiológicas antes mencionadas entre dosis única vs fraccionamiento.

El estudio comparativo de física de radiación para selectividad y riesgo de complicaciones entre el Gamma Knife, acelerador lineal modificado y el acelerador dedicado, demostró mayor selectividad en el Gamma Knife y menor penumbra.

Toda vez que se incluya la totalidad de un tumor a expensas de mayor volumen de tejido sano perilesional, el riesgo de complicaciones será mayor (*Figura 7*).¹⁻³

Ejemplo de un tumor con un plan de alta conformación y poca selectividad (*Figura 8*) comparado con un plan de alta conformación y alta selectividad (*Figura 9*).

La alta selectividad y eficiencia del Gamma Knife nos ha permitido tratar hasta diciembre del año 2001, 180,222 pacientes de los cuales 72,709 corresponden a tumores malignos, 64,722 a tumores benignos, 30,865 a malformaciones vasculares y fistulas arteriovenosas, y 11,926 de problemas funcionales entre los que se incluyen pacientes con neuralgia del trigémino, trastornos psiquiátricos y pacientes con epilepsia focal de difícil control médico (*Figuras 10 a 15*).

Referencias

1. Shiu et al. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1997; 37(3): 679-688.
2. Lax y cols. *Acta Oncológica* 35(1): 49-55.
3. Nylund, Instituto Karolinska, Suecia 1999.
4. De Salles A. Stereotactic surgery and radiosurgery, 1993. *Medical Physics Publishing*.
5. Del Valle R y cols. Control de calidad en radiocirugía. *Revista Médica Sur* 2002; 9(2):
6. Del Valle, R. y cols. Requerimientos básicos para la operación y control de calidad en los servicios de radiocirugía y radioterapia estereotáctica. *Revista CONAMED* 2002; 7(3):
7. Del Valle R y cols. Radiocirugía y radioterapia estereotáctica: Bondades y riesgos. *Boletín de Difusión de Evaluación Tecnológica de Salud (IMSS-FUNSAUD)* 2002; 3:

Correspondencia:

neurosur@prodigy.net.mx rdvld@aol.com
www.elportalmedico.com.mx
www.medicasur.com.mx