



---

# Radiocirugía Estereotáctica

## ¿Gamma Knife o Linac?

**Autores:** Andrés Plasencia, Aldo Berti, Alejandro Santillan, Mayer Zaharia, Luis Pinillos

Instituto de Radiocirugía del Pacífico - Stereoknife

### RESUMEN

**Objetivo:** Para investigar las tecnologías de radiocirugía con Gamma Knife y Linac respecto a sus aspectos técnicos y resultados clínicos.

**Métodos:** Se realizó una comparación con respecto al marco estereotáctico, precisión mecánica, dosimetría, radiobiología, la planificación del tratamiento y resultados clínicos en relación con ambos sistemas.

**Resultados:** Los diferentes marcos estereotácticos disponibles en el mercado no son diferentes en términos de una adecuada fijación y localización geométrica de referencia. Resultados clínicos excelentes y similares se obtienen para lesiones pequeñas con haces de fotones de Gamma Knife y Linac. Así como similar distribución de dosis del haz con disminución aguda en lesiones pequeñas de forma esférica. La precisión mecánica superior del Gamma Knife en comparación con el LINAC es de limitada importancia clínica debido a que la inexactitud de localización del blanco craneal, basado en imágenes radiológicas contemporáneas disponibles, es mayor que la imprecisión del LINAC (aprox 1mm). Los sistemas de planificación de tratamiento en el LINAC no están estandarizados, pero se basan en algoritmos bien conocidos. LINAC no tiene limitaciones de tamaño de campo, logrando distribución de dosis más homogéneas en comparación a la obtenida con la unidad de rayos gamma.

**Conclusión:** La Radiocirugía basada en LINAC es un práctico método de tratamiento con equivalentes resultados físicos, radiobiológicos y clínicos en comparación con el Gamma Knife aunque su metodología de rutina requiere esfuerzo multidisciplinario.

**PALABRAS CLAVES:** Gamma Knife, Linac Radiosurgery

### ABSTRACT

**Objective:** To investigate Gamma Knife and LINAC radiosurgery Technologies regarding technical aspects and clinical result.

**Methods:** A comparison was made with respect to stereotactic frame, mechanical accuracy, dosimetry, radiobiology, treatment planning and clinical results regarding both systems.

**Results:** The different stereotactic frames available in the market are not different in terms of proper fixation as well as for geometric localization reference. Similar excellent clinical results are obtained for small lesions with photon beams of the gamma knife and the linac. Similar beam dose distributions with sharp fall-off for small spherical shaped targets are obtained for both devices. The superior mechanical precision for the gamma knife as compared with the linac is of limited clinical relevance because inaccuracy of cranial target localization based on contemporary available radiological imaging is greater than the typical linac imprecision (of around 1mm). Treatment planning systems for the linac are not standardized but are based on well-known algorithms. The linac has no field size limitations, achieving more homogeneous dose distributions compared with that obtained with the gamma unit.



**Conclusion:** Linac based radiosurgery is a practical treatment method with equivalent physical, radiobiological and clinical results compared to the gamma knife technology although its routine methodology requires multidisciplinary effort.

**KEY WORD:** Gamma Knife Radiosurgery- Linac Radiosurgery

En febrero de 1997, una estación de TV canadiense propaló la noticia de una paciente que viajaba de Canadá a los Estados Unidos de Norteamérica para recibir tratamiento con radiocirugía basada en Gamma Knife. Dos médicos si experiencia en la materia caracterizaron el tratamiento radioquirúrgico disponible en Canadá como: “barato” y “menos seguro y efectivo” que el tratamiento con “Gamma Knife”, un dispositivo radioquirúrgico por entonces solo disponible en los EE.UU. de N.A.

La aseveración que la radiocirugía basada en acelerador lineal (LINAC) es de alguna forma inferior a la radiocirugía basada en Gamma Knife, fue de inmediato rebatido por la comunidad especializada, por inconsistente, y se aclaró que la impresión creada por las noticias carecía de fundamento científico<sup>1</sup>.



**Fig. 1.-** Un mismo marco puede emplearse en más de un sistema estereotáctico o ser exclusivo para uno solo. Errores en la colocación de este aparato y sus accesorios son potencialmente factibles para cualquier sistema radioquirúrgico.

## DEFINICION Y PRINCIPIOS

Radiocirugía Esterotáctica definida como la “irradiación estereotáctica tridimensional de pequeños blancos intracraneales”, tales como malformaciones arteriovenosas y tumores, por medio de varias técnicas de radiación. “El objetivo de cada técnica es depositar una gran dosis única de radiación en un pequeño blanco intracraneal con gran exactitud, al mismo tiempo que se minimiza la dosis absorbida por el tejido cerebral sano colindante”<sup>2</sup>.

## MARCO ESTEREOTÁCTICO

El marco metálico (fig. 1) tiene tres funciones: inmovilizar la cabeza, definir un sistema tridimensional de referencia conteniendo la cavidad craneana y la lesión a tratar, así como posicionar la cabeza en relación al dispositivo de irradiación. Un potencial error en el empleo apropiado del marco y de los marcadores de referencia podría ocurrir en cada uno de los métodos radioquirúrgicos.

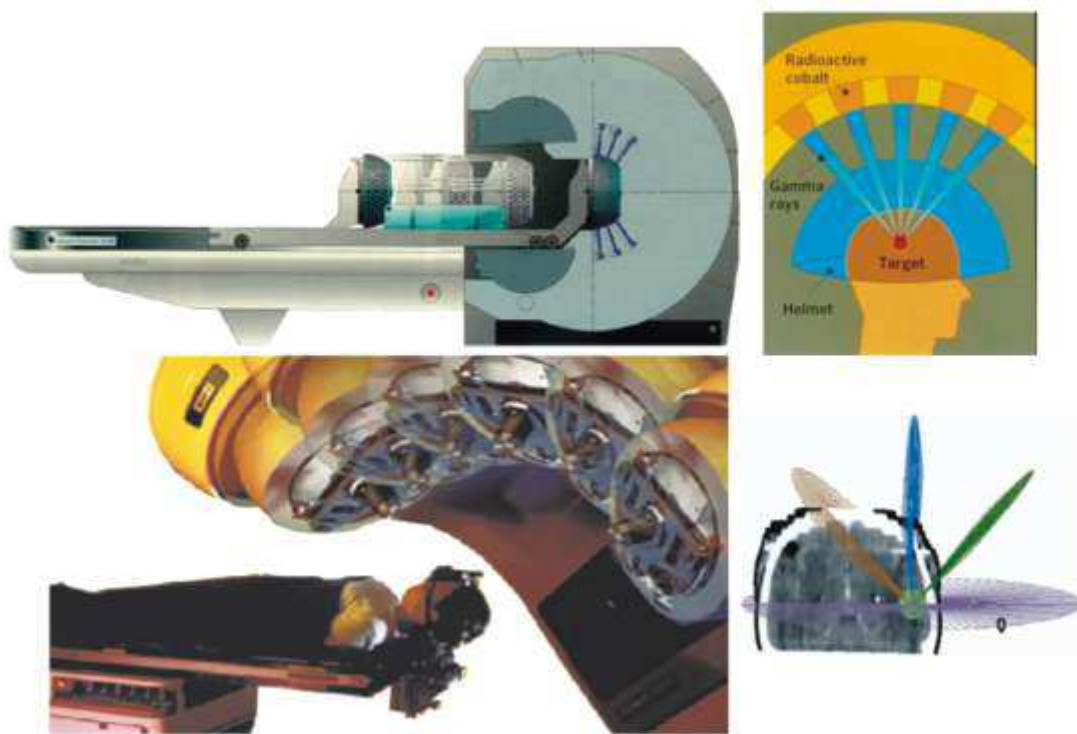
## GEOMETRÍA DE LOS HACES RADIANTES

El “Gamma Knife” (fig. 2 arriba) es un yelmo semiesférico, el cual alberga 201 fuentes pequeñas de Cobalto 60 las cuales emiten haces de fotones finamente colimados que se intersectan en el punto “blanco” produciéndose la dosis central. El “LINAC”, o acelerador Lineal (Fig.2 abajo), es una fuente única de radiación de fotones dotada de un gantry iso céntrico que gira en distintos planos y ángulos sobre la cabeza del



paciente, produciendo una serie de arcos convergentes los cuales se intersectan en el “punto blanco” o focal, generando la dosis máxima.

Se ha estudiado la agudeza de la gradiente de la radiación generada por cada técnica, si hallar diferencias significativas de la relevancia clínica.<sup>3,4</sup>



**Fig. 2.-** Arriba Izquierda: diván y yelmo de un Gamma Knife, Arriba derecha: Haces radiantes convergentes provenientes de las semillas de Co60. Abajo Izquierda: Acelerador Lineal, rotaciones del gantry isocéntrico producen haces arqueados convergentes (Abajo derecha)

### EXACTITUD ESPACIAL

En el pasado, una y otra técnica reclamaban por si una exactitud submilimétrica superior a la otra. Tales reclamos pasaban por alto otras fuentes de error derivadas: i) de las imágenes: depósitos de millones de células malignas de un tumor pueden ser obviadas aun por los exámenes más avanzados de resonancia nuclear magnética, en especial en los bordes infiltrantes de una neoplasia, ii) de la distorsión espacial de la angiografía digital en los casos de malformaciones arteriovenosas;\_iii) de selección del blanco, por error que varía reobservador en observador; iv) del cálculo de la dosis; v) de la exactitud espacial del dispositivo generador de la radiación (Ver Fig. 3) y por último, vi) de la colocación del paciente<sup>5</sup>.

### EQUIVALENCIA FÍSICA Y BIOLÓGICA

Ambas técnicas emiten fotones, y un fotón es un fotón, por lo cual la radiación tendrá el mismo efecto biológico independientemente de si los fotones emanaron de un núcleo de Cobalto 60 (Gamma Knife), de la nube electrónica del blanco metálico del tubo de un acelerador lineal (Linac) o de una estrella lejana. Si las tecnologías disponibles para radiocirugía, cualquiera que esta sea, son calibradas apropiadamente, producirán patrones idénticos de radiación y no existe razón alguna para imaginar que los efectos terapéuticos o tóxicos de la radiación serían diferentes (Fig. 4)



---

## ¿GAMMA KNIFE O LINAC?

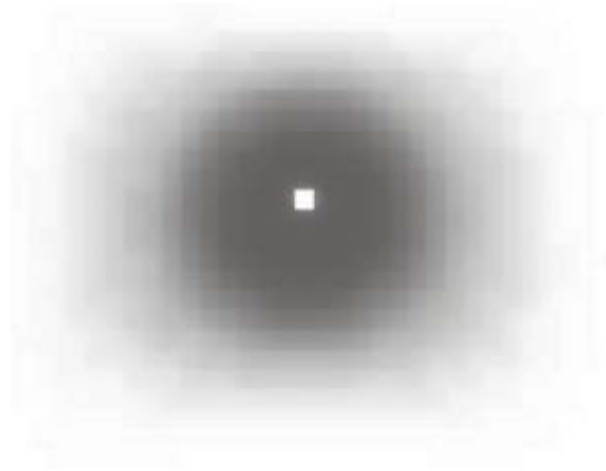
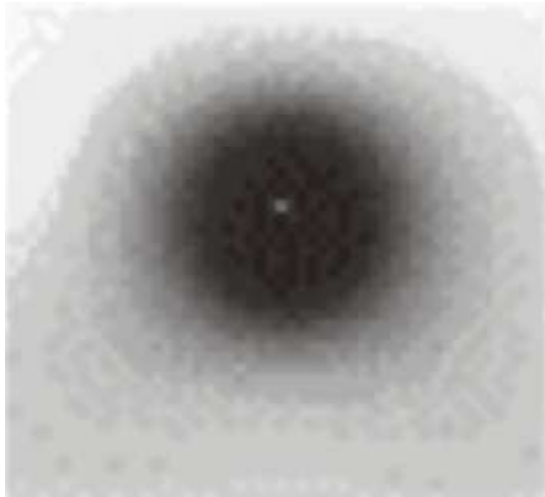
En 1974, Börje Larsson, Kurt Lidén y Bert Sarby, los tres profesores de física biológica y física de radiaciones quienes trabajaron estrechamente con Leksell para construir el Gamma Knife, escribieron: “ La elección entre las dos alternativas, esto es, radiación Roentgen o gamma, deberían basarse más en consideraciones técnicas, clínicas y económicas más que físicas. Si la cirugía con radiación alcanzara un posición como un procedimiento estándar, los aceleradores de electrones adaptados para tal propósito parecerían ser la mejor alternativa<sup>6</sup>”.

Al presentarse, tal aseveración ha sido plenamente corroborada y Christopher Schultz, Michael Gillin y Wade Mueller, de la Universidad de Wisconsin, USA, afirman: “Con un apropiado planeamiento y control de la calidad del tratamiento, la radiocirugía basada en Linac puede producir distribuciones de isodosis que se comparan favorablemente con aquellas que se consiguen con el Gamma Knife<sup>7</sup> . Por su parte, Timothy Solberg y colaboradores, del Centro Médico de la Universidad de California en Los Angeles, USA concluyen luego de un estudio comparativo, que ambos sistemas (Gamma Knife y Linac) tienen precisión submilimétrica (Fig. 3), que incluso empleando colimadores tan pequeños como el de 3 mm “el Linac exhibió características que se comparan favorablemente con aquellas de un unidad de Gamma Knife” y que “distribuciones de isodosis con una caída de dosis muy aguda pueden esperarse de cada uno de estos dispositivos<sup>8</sup>”.

La colimación multihoja, el fraccionamiento estereotáctico con marcos no invasivos recolocables (radioterapia estereotáctica fraccionada), la radiocirugía y la radioterapia estereotáctica con intensidad modulada intracraneal y espinal, así como de otros órganos del cuerpo y la implementación de Linac robóticos, para el manejo de grandes neoplasias, imposibles para el Gamma Knife, se hallan entre las promisorias técnicas Linac que tendrán creciente auge en el tercer milenio.

## CONCLUSION

Al presente, aparte de las consideraciones económicas y administrativas y del hecho que la tecnología de referencia para radiocirugía ha sido el Gamma Knife, en los restantes aspectos tales como exactitud, dosis, energía, caída de la dosis, etc. No existen diferencias físicas significativas entre el Gamma Knife y el Linac radioquirúrgico. Desafortunadamente, algunos argumentos empleados a favor de una u otra tecnología, son más de orden comercial, mas que científico. A pesar de todo y de acuerdo a Dan Leksell y colaboradores del Instituto Karolinska en Suecia (del Centro que desarrolló el Gamma Knife), la calidad de la radiocirugía estereotáctica seguirá dependiendo más del trabajo integrado de neurocirujanos, neurorradiólogos, radioncólogos, físicos médicos, terapeutas de radiación y otros profesionales en otras disciplinas, que de la tecnologías en particular empleada<sup>9</sup>.



**Fig. 3.-** Imágenes de precisión de blanco para disparo único a través del casco de colimadores de 8 mm del Gamma Knife (izquierda) y mediante una configuración de 4 arcos con colimador de 8 mm de un Linac dedicado (Tomado de la referencia 8, Solberg et al, con permiso)

## BIBLIOGRAFIA

1. Shwartz M. Stereotactic radiosurgery: Comparing different technologies. *CMAJ* 1998; 158(5): 625-628
2. Larsson DA, Gutin PH. Introduction to radiosurgery. *Neurosurg Clin N Am* 1990; 1 (4): 897-908
3. Geostsch SJ, DeSalles AAF, Solberg T, et al. Treatment planning for stereotactic radiosurgery. In: *Stereotactic Surgery and Radiosurgery*. De Salles AAF, And Geostsch SJ (Eds), Medical Physics Publishing, Madison, Wisconsin, 1995; 277-292
4. Podgorsak EB, Olivier A, Marina P, et al. Radiosurgery with high energy photon beams: a comparison among techniques. *Int J Radiat Oncol Bio Phys* 1989; 16: 857-865
5. Winston K, Lutz W. Linear accelerator as a neurosurgical tool for stereotactic radiosurgery. 1988; 22(3): 454-464
6. Larsson B, Lidén K, Sarby B: Irradiation of small structures through the intact skull. *Acta Radiol TPB* 1974; 13: 513-534
7. Schultz, CJ, Gillin M, Mueller WM. Modified linear accelerator radiosurgery: Principles and techniques. In: *LINAC and Gamma Knife Radiosurgery*. Isabelle Germano (Ed), AANS Publication Committee, Illinois, 2000, 19-30
8. Solberg TD, Goetsch SJ, Selch MT, et al: Functional stereotactic radiosurgery involving a dedicated linear accelerator and gamma unit: a comparison study. *J Neurosurg* 2004; 101 Suppl 3:373-80
9. Leksell D. Radiosurgery. *Neurosurgery* 1989; 24:297-298