

---

Artigo de Revisão

# Radiocirurgia

## *Radiosurgery*

Miguel Montes Canteras<sup>1</sup>

---

### RESUMO

O termo radiocirurgia é definido pelo tratamento com dose única de radiação ionizante de uma lesão. Essa lesão deve ser atingida de maneira precisa para que se consiga o resultado desejado pelo efeito da radiação nessa estrutura e minimizando a quantidade de radiação e seus efeitos nos tecidos circunjacentes. O grande avanço da radiocirurgia está ligado à informática que possibilitou melhores exames de imagem (tomografia e ressonância, angiografia digital) além de programas de planejamento que permitem com rapidez e segurança tratar casos mais complexos com o uso de múltiplos isocentros de radiação.

**Unitermos:** Radiocirurgia, Radiocirurgia com Gamma Knife, Neurocirurgia.

Citação: Canteras MM. Radiocirurgia. Rev Neurociencias 2005; 13(4):190-195.

### SUMMARY

The radiosurgery term is defined by the treatment with only one dose of ionizing radiation of an injury. This injury must be reached in a precisely way to obtain the result desired for the effect of the radiation in this structure and minimizing the amount of radiation and its effect in circumjacent tissues. The great advance of the radiosurgery is on to the computer science that made possible better examinations of image (CT, MRI, and digital angiography) besides to plan programs that rapidity and security allow to deal with more complex cases with the use of multiple isocenters.

**Keywords:** Radiosurgery, Gamma Knife Radiosurgery, Neurosurgery.

Citation: Canteras MM. Radiosurgery. Rev Neurociencias 2205; 13(4):190-195.

---

### INTRODUÇÃO

O termo radiocirurgia é definido pelo tratamento com dose única de radiação ionizante de uma lesão (alvo). Essa lesão deve ser atingida de maneira precisa para que se consiga o resultado desejado pelo efeito da radiação nessa estrutura e minimizando a quantidade de radiação e seus efeitos nos tecidos circunjacentes.

Esse conceito foi introduzido em 1951 pelo neurocirurgião sueco Professor Lars Leksell que em 1949 criou o Sistema Leksell de Micro-Estereotaxia o qual permitia que através de uma agulha de estereotaxia se introduzisse cânulas ou eletrodos com precisão dentro do cérebro sem visão direta. Assim, junto com o biofísico sueco Professor Börje Larsson o médico pesquisou durante anos a maneira de acoplar a esse sistema de estereotaxia uma fonte de radiação para

atingir a estrutura desejada e provocar lesões destrutivas com o objetivo de tratamento para doenças neurológicas funcionais.

Ele tentou inicialmente com um aparelho de ortovoltagem de raios X tratar um paciente com neuralgia de trigêmeo sem sucesso. E, durante os anos 50 e 60, intensas pesquisas para encontrar o equipamento ideal foram conduzidas como a tentativa no uso de aceleradores lineares (photons) e ciclotrons (prótons), porém não lhe permitiram naquele tempo suficiente precisão e segurança para o tratamento do paciente. Assim surgiu o primeiro protótipo de Gamma Knife como resultado dessas pesquisas que utilizava 179 fontes de Cobalto 60, instalado em Estocolmo em 1968 no Hospital Sophiahemmet. O segundo protótipo, com 201 fontes, do aparelho foi instalado no Instituto Karolinska em 1974 com algumas modificações que permitiam tratar outras

---

Trabalho realizado: Instituto de Radiocirurgia Neurológica

**1 - Neurocirurgião e diretor clínico do Instituto de Radiocirurgia Neurológica**

Endereço para correspondência:

Miguel M Canteras

E-mail: canteras.ops@zaz.com.br

Trabalho recebido em 11/08/05. Aprovado em 20/12/05

lesões além dos procedimentos para neurocirurgia funcional como inicialmente previsto.

O primeiro caso de schwanoma e adenoma de hipófise foram realizados em 1969 e a primeira MAV em 1970 juntamente com o Dr. Ladislau Steiner.

O grande avanço da radiocirurgia está ligado à informática ("softs") que possibilitou melhores exames de imagem (tomografia e ressonância, angiografia digital) além de programas de planejamento que permitem com rapidez e segurança tratar casos mais complexos com o uso de múltiplos isocentros de radiação. O primeiro programa de planejamento auxiliado por computador foi utilizado em 1974 e os primeiros protótipos fora da Suécia foram utilizados no Reino Unido em Sheffield e na Argentina pelos Drs. Roberto Chescotta e Hernan Bunge. O primeiro aparelho produzido em série foi instalado nos Estados Unidos em Pittsburgh em 1987 sob os cuidados do Dr. Dade L. Lunsford.

Atualmente há mais de 215 aparelhos de Gamma Knife pelo mundo, sendo aproximadamente 90 nos Estados Unidos a maioria deles estão ligados a serviços de neurocirurgia e o seu fabricante é a empresa sueca Elekta.

Paralelamente ao desenvolvimento tecnológico, os aceleradores lineares normalmente comandados por serviços de radioterapia também se desenvolveram com sistemas próprios de estereotaxia e entraram no mercado da radiocirurgia proporcionando opções de tratamento principalmente para lesões maiores em que se possa fracionar o tratamento e assim, temos uma nova modalidade que é a radioterapia estereotáxica fracionada.

Os aceleradores de partículas (ciclotrons) têm grande eficácia na radiocirurgia devido a sua rápida queda de energia fora da lesão, porém são pouco acessíveis atualmente pelo alto custo (dezenas de milhões de dólares).

Os sistemas de radiocirurgia baseados nos aceleradores lineares aparecem no mercado com diferentes referências como por exemplo, X-Knife®, Trilogy®, Novalis®, CyberKnife® e outros, devido aos diversos fabricantes dos mesmos. Ainda assim há na literatura as referências de aceleradores "dedicados" que não permitem o seu uso para a radioterapia convencional e os aceleradores "não dedicados" que muitos serviços o utilizam acoplando peças que permitem a realização de radiocirurgia após o seu uso diário para a radioterapia convencional. Essa disputa dos fabricantes torna o mercado mais competitivo com ganho para pacientes e médicos. Lembrando que, independente da ferramenta utilizada, a efetividade do tratamento se deve a um grupo bem treinado, experiente e dedicado a esta tecnologia (Figura 1).



**Figura 1.** Unidade Leksell Gamma Knife modelo B – Instituto de Radiocirurgia Neurológica – Hospital Santa Paula.

As indicações para a radiocirurgia são em tumores benignos como meningomas, schwanomas, tumores de hipófise, craniofaringeomas, tumor glómico que podem ser utilizados como opção inicial ou complementares a uma cirurgia em que haja resíduo tumoral ou mesmo em recidivas. Assim, o principal uso seria naqueles tumores de localização em que se julgar o acesso cirúrgico de alto risco ou em casos de acesso cirúrgico tidos como de rotina em que a condição do paciente seja crítica para tal procedimento. Lembrar que o tamanho do tumor deve ser pequeno ou médio, não devendo exceder na maior medida linear a 3,0 cm como regra geral, as estruturas vizinhas também interferem no julgamento da indicação como vias ópticas por exemplo, devido a sensibilidade dessa região à radiação.

Tumores malignos como as metástases têm a sua indicação nas únicas ou múltiplas dependendo do Karnofski do paciente, podendo ser utilizada apesar de radioterapia prévia de cérebro total ou mesmo na tentativa de postergá-la. Algumas vezes, usa-se como tratamento paliativo suplementar em gliomas de alto grau como "boost" ou em casos de recidivas com pequeno volume e de localização de alto risco para nova cirurgia. Há na literatura aplicações para gliomas benignos (grau I) nos casos de remoção cirúrgica total impossível pela localização e que tenha progressão no seu acompanhamento clínico e radiológico, sabendo-se que a cirurgia sempre é a primeira e melhor escolha.

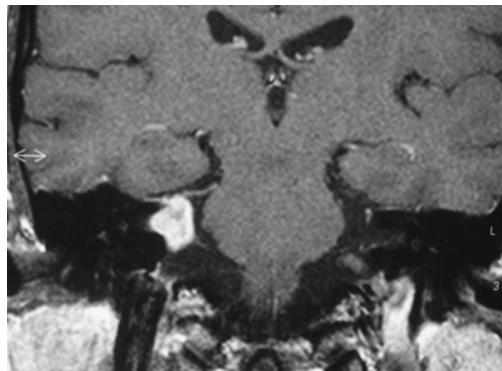
Nas doenças vasculares, a principal indicação é nas malformações artério-venosas com nidus de até 3,0 cm em que se deve pesar a melhor abordagem para cada paciente tendo em vista também a cirurgia e a embolização. Muitas vezes pode-se optar por associar mais de um método para o tratamento. Fístulas durais também podem ser tratadas quando cirurgia e embolização não são possíveis ou representam risco aumentado. Alguns cavernomas profundos (tálamo, tronco) com episódios recorrentes de hemorragia e

sem possibilidade cirúrgica parecem se beneficiar de proteção contra novas hemorragias apesar de ser tema controverso na literatura.

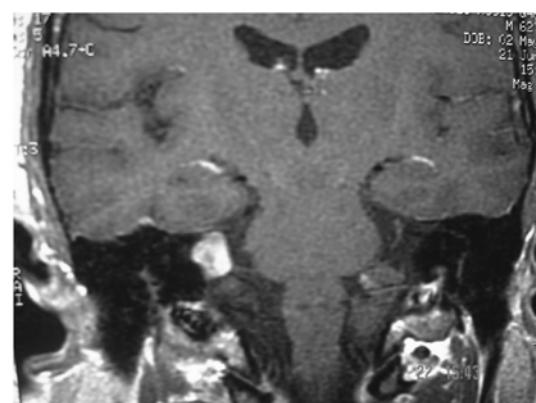
### Schwanomas

O principal critério de indicação da radiocirurgia nos schwanomas é o seu tamanho. Assim as lesões menores que 2,5cm no seu maior eixo são as que apresentam os melhores resultados, porém pode-se realizar atualmente como limite até 3cm dependendo do paciente e seus sintomas.

No início, outros requisitos eram utilizados como idade acima de 60 anos, condição clínica instável para cirurgia, recrescimento de tumores já abordados, porém com os novos sistemas de planejamento, com o uso de múltiplos isocentros e diminuição das doses de tratamento, o risco diminuiu sem comprometer o resultado do procedimento, e assim pode-se indicar como tratamento primário para a maioria dos pacientes obedecendo ao critério de tamanho e quadro neurológico estável. A taxa de controle de crescimento dos tumores tratados com radiocirurgia está acima de 90% nas grandes séries publicadas com pelo menos cinco anos de seguimento, variando entre 92 e 98%. As taxas de morbidade com as doses utilizadas atualmente são de 1% para déficit do nervo facial e 3 % do nervo trigêmeo (Figuras 2 e 3).



**Figura 2.** Paciente com schwanoma vestibular direito tratado com GK em 2001.



**Figura 3.** Ressonância após três anos de GK, nota-se pequena diminuição do tumor.

### Tumores de Hipófise

A microcirurgia é a o tratamento de escolha para os tumores hipofisários com compressão das vias ópticas ou mesmo para os microadenomas que não se consiga controle hormonal. Porém, para casos em que há invasão de seio cavernoso ou resíduo tumoral, ou mesmo naqueles em que permanece a produção aumentada de hormônio após a cirurgia, a radiocirurgia pode ser tratamento alternativo à radioterapia proporcionando uma queda mais rápida nas taxas de hormônios e com igual eficiência no controle do crescimento tumoral causando menos pan-hipopituitarismo ou mesmo adiando-o em relação à radioterapia. Os candidatos são os pacientes com tumores pequenos bem visíveis ao exame radiológico, preferencialmente intra-selares ou com invasão lateral no seio cavernoso e que mantenham pelo menos 3mm de distância das vias ópticas.

### Meningeomas

A radiocirurgia nos meningeomas tem sua indicação para lesões residuais, recidivadas, ou mesmo aquelas ainda não operadas em que a ressecção completa é difícil ou mesmo impossível devido à localização e com invasão de estruturas vasculares como artérias,

seio cavernoso, ou pacientes com condições clínicas desfavoráveis para abordagem cirúrgica. Aproximadamente 90% dos tumores tratados mostram controle do crescimento tumoral com estabilização do quadro neurológico e muitas vezes melhora dos sintomas. Segundo Pollock, a sobrevida em meningiomas benignos após cinco anos de tratamento com radiocirurgia é de 100%, 83% nos atípicos e 0% nos malignos. As complicações variam entre três a 10% sendo muitas vezes com paresia temporária de nervos cranianos que melhoraram após algum tempo. É uma opção para aqueles tumores localizados na base do crânio com proximidade de estruturas nobres e sem efeito de massa, porém estudos futuros são necessários para determinar o controle tumoral e complicações com mais de 10 anos de radiocirurgia.

### Metástases

A indicação de radiocirurgia nas metástases é uma boa alternativa em lesões menores que 30mm sem efeito compressivo importante, podendo serem únicas ou múltiplas. Porém deve-se levar em conta o quadro geral (Karnofsky) e o controle do tumor primário para que a indicação possa oferecer o melhor ganho em qualidade de vida para o paciente. O controle das lesões cerebrais tratadas com radiocirurgia é de 80 a 85%, variando em relação ao tamanho e ao tipo histológico (maior que 90% nas lesões menores que 1cm). Uma das vantagens é o seu uso em tumores sabidamente resistentes a radioterapia fracionada como melanoma, hipernefroma com taxa de controle semelhante aos outros tipos histológicos. A radiocirurgia pode ser usada em associação com a radioterapia fracionada de cérebro total ou em alguns casos selecionados pode-se postergar o uso dessa última de acordo com critério oncológico. Pode-se repetir o procedimento da radiocirurgia para lesões novas respeitando-se os critérios de indicação citados anteriormente (Figura 4).

### MAV

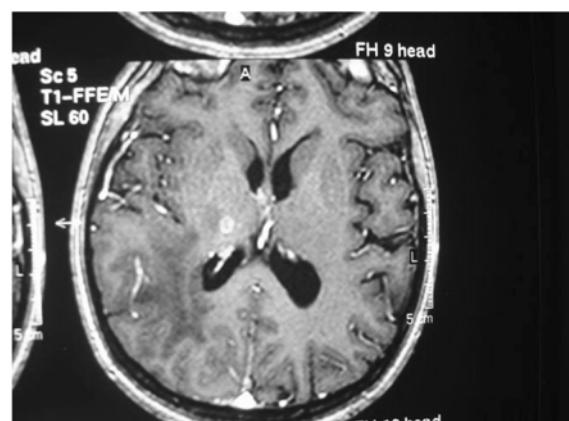
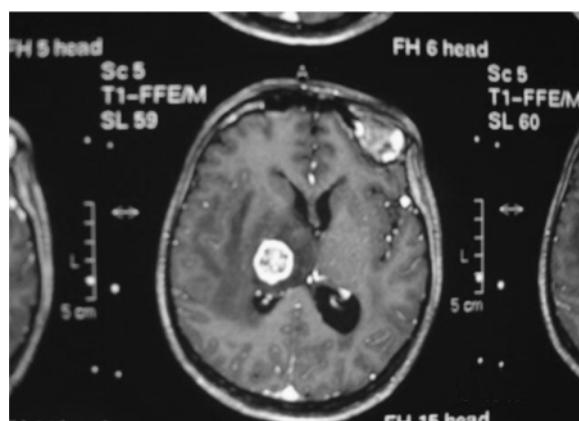
Desde seu início no uso terapêutico pelo Dr. Steiner nos anos 70, mais de 20.000 casos já foram tratados no mundo com o Gamma Knife.

Há dois tipos de alterações histo-patológicas descritas nas MAVs após a radiocirurgia com gamma knife: a) alterações vasculares devido a dano endotelial nos vasos do nidus irradiado com irregularidades nas suas paredes, proliferação de células sub-endoteliais e desenvolvimento de trombos, b)é sugerida a transformação de fibroblastos em miofibroblastos com capacidade contrátil que poderia explicar mais um dos mecanismos que resultam na diminuição e obliteração das MAVs após dose única de alta radiação.

Em geral as MAVs indicadas para radiocirurgia não devem ultrapassar mais que três cm no maior diâmetro do nidus. O índice médio de obliteração das MAVs selecionadas para radiocirurgia é de 80% em um período de dois anos, variando com o volume da lesão (90% nas pequenas e 40% para grandes MAVs).

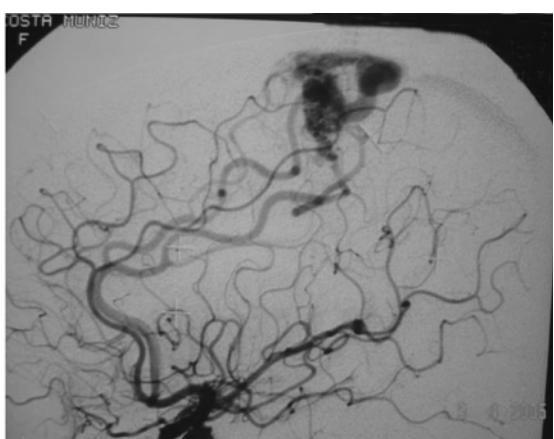
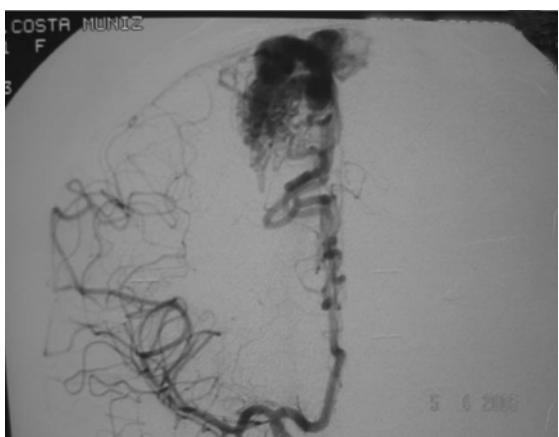
O sucesso do tratamento depende da perfeita identificação do nidus a ser incluído como alvo e da dose prescrita. Portanto os melhores candidatos seriam pacientes com MAVs. pequenas e localizadas profundamente e/ou as sem história de hemorragia. A melhor escolha deve ser feita por grupo multidisciplinar, levando-se em conta a história natural da doença e os riscos para cada tipo de abordagem. Assim MAVs complexas exigem muitas vezes tratamento combinado de microcirurgia, embolização e radiocirurgia.

As MAVs tratadas com radiocirurgia que não tiveram obliteração total podem ser retratadas com os mesmos índices de expectativas de obliteração do nidus residual ( 80%) sem aumento significativo nos riscos. Aguarda-se pelo menos de 3,5 a quatro anos de radiocirurgia para o retratamento, pois tem se

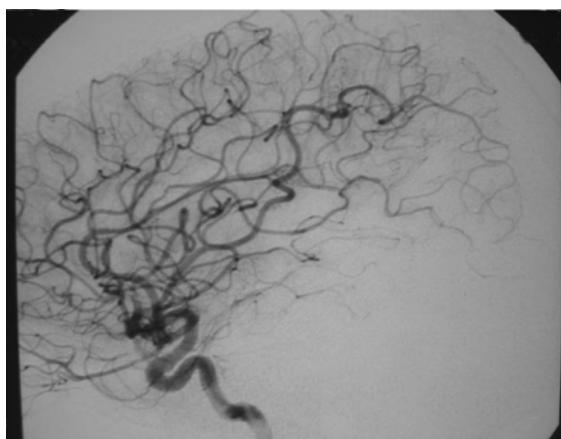
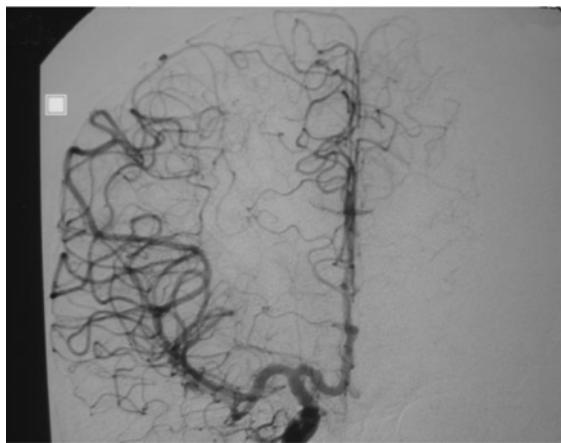


**Figura 4.** Paciente com metástase de adenoCa de pulmão tratada com radiocirurgia (GK) em 2001, nota-se resposta completa em relação a imagem em exame após cinco meses de tratamento.

observado progressão de obliteração por até cinco anos pós tratamento (Figuras 5 e 6).



**Figura 5.** Angiografia cerebral em frente e perfil de paciente feminina com MAV fronto parietal direita tratada com radiocirurgia com Gamma Knife.



**Figura 6.** Angiografia cerebral de controle após três anos da radiocirurgia com GK com obliteração completa.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Stafford SL, Pollock BE, Foote RL, et al. Meningioma radiosurgery: tumor control, outcomes and complications among 190 consecutive patients. *Neurosurgery* 2001; 49: 1029-1038.
2. Chin LS, Szerlip NJ, Regine WF. Stereotactic radiosurgery for meningiomas. *Neurosurg Focus* 2003, 14(5): 6.
3. Pollock BE. Stereotactic radiosurgery for intracranial meningiomas: indications and results. *Neurosurg Foc* 2003; 14(5): 4.
4. Kondziolka D, Lunsford LD, Flickinger JC. Stereotactic radiosurgery for acoustic tumors. *Tech Neurosur* 1997; 3: 154-161.
5. Friedman WA, Foote KD. Linear accelerator-based radiosurgery for vestibular schwannoma. *Neurosurg Foc* 2003; 14(5): 2.
6. Kondziolka D, Lunsford LD, Flickinger JC. Comparison of management options for patients with acoustic neuroma. *Neurosurg Foc* 2003; 14: 5.
7. Flickinger JC, Kondziolka D, Niranjan A, Lunsford LD. Results of acoustic neuroma radiosurgery: an analysis of 5 years experience using current methods. *J Neurosur* 2001; 94: 1-6.
8. Flickinger JC, Kondziolka D, Lunsford LD. Dose and diameter relationships for facial, trigeminal, and acoustic neuropathies following acoustic neuroma radiosurgery. *Radiother Oncol* 1996; 41: 215-219.
9. Noren G. Long-term complications following gamma knife radiosurgery of vestibular schwannomas. *Stereotac Func Neurosur* 1998; 70: 65-73.
10. Kondziolka D, Lunsford LD, McLaughlin MR, Flickinger JC. *The New England J Med* 1998; 12: 1426-1433.
11. Witt TC, Kondziolka D, Flickinger JC, et al. Stereotactic radiosurgery for pituitary tumors. *Basel Karger* 1996; 1:55-65.
12. Hoybye C, Grenback E, Rahn T, et al. Adrenocorticotrophic hormone-producing pituitary tumors: 12 to 22 years follow-up after treatment with stereotactic radiosurgery. *Neurosur* 2001; 49: 284-292.
13. The London Radiosurgical Centre. Glioma. Disponível na Internet: <http://www.radiosurgery.co.uk/gamma/mcondi11.html> (23/08/2003).
14. Nwokedi EC, DiBiase SJ, Jabbour S, et al. Gamma knife stereotactic radiosurgery for patients with glioblastoma multiforme. *Neurosur* 2002; 50: 41-47.
15. Kondziolka D, Flickinger JC, Bissonette DJ. Survival benefit of stereotactic radiosurgery for patients with malignant gliial neoplasms. *Neurosur* 1997; 41:776-785.
16. Hadjipanavis CG, Kondziolka D, Flickinger JC, et al. The role of stereotactic radiosurgery for low grade astrocytomas. *Neurosurg Foc* 2003; (14):15.
17. Boethius J, Ulfarsson E, Rahn T, et al. Gamma knife radiosurgery for pilocytic astrocytomas. *J. Neurosur* 2002; 97(Suppl 5):677-680.
18. Petrovich Z, Yu C, Giannotta SL, et al. Survival and pattern of failure in brain metastasis treated with stereotactic gamma knife radiosurgery. *J Neurosur* 2002; 97: (Suppl 5): 499-506.
19. Mittal BB, Purdy JA, Ang KK. Advances in Radiation Therapy, Kluwer Academic Publishers, 1998, p283-297.
20. Pollock BE, Flickinger JC, Lunsford LD, Maitz A, Kondziolka D. Factors associated with successful arteriovenous malformation radiosurgery. *Neurosur* 1998; 42:1239-1247.
21. Flickinger JC, Kondziolka D, Maitz A, Lunsford LD. Analysis of neurological sequelae from radiosurgery of arteriovenous malformation: how location affects outcome. *Int J Rad Oncol Biol Phys* 1998; 40:273-278.
22. Steiner L. Treatment of arteriovenous malformation by radiosurgery. In: Wilson CB, Stein BN (eds.). *Intracranial arteriovenous malformation*. Baltimore. Williams and Wilkins, 1984, p295-331.
23. Niranjan A, Lunsford LD. Radiosurgery: where we were, are, and may be in the third millennium. *Neurosur* 2000; 46:531-543.
24. Pan DH, Guo WY, Chung WY, Shiao CY, Chang YC, Wang LW. Gamma knife radiosurgery as a single treatment modality for large cerebral arteriovenous malformation. *J Neurosur* 2000; 93:107-112.