대한방사선의학회지 2000;43:663 - 667

추적 자기공명영상을 이용한 청신경초종에 대한 감마나이프 수술의 효과의 평가[1]

주은영 · 손석현 · 은충기 · 한상석 · 심재홍[2] · 이선일[2] · 김무성[2]

목적: 청신경초종의 감마나이프 수술 후 추적 자기공명영상을 통해 감마나이프 방사선 수술의 유용성에 대해서 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 감마나이프 수술을 시행한 청신경초종 환자 중 시술 전과 시술 후 3개월 이상에서 자기공명영상검사가 가능했던 34예를 대상으로 하였다. 남자가11명, 여자가 23명이었고 연령분포는 11 - 69세였다. 감마나이프 수술 전 종양 부분 절제술을 시행한 예는 11예였다. 수술 후 추적 관찰 기간은 3개월에서 44개월이었다. 영상의 분석은 시술 전과 시술 후 추적영상에서 종양의 크기 변화와 크기 변화에 따른 조영증강 양상의 변화를 조영증강 T1강조영상을 중심으로 비교하였다.

결과: 감마나이프 수술 후 종양의 크기가 적어진 예가 17예(50%), 크기 변화가 없었던 예가 14예(41.2%)였고, 3예(8.8%)에서 크기의 증가를 보여 전체적으로 31예(91.2%)에서 효과적인 종양의 크기 감소 및 성장 억제를 보였다. 치료 후 종양의 크기 감소는 3 - 24개월(평균 12개월) 사이에 시작되었고 추적관찰기간이 길수록 종양의 크기 감소율은 증가하였다. 치료 후 종양 내부에 괴사를 시사하는 조영증강의 소실은 전체 34예 중 28예(82.4%)에서 보였고, 이 중 추적검사상 종양의 크기 감소와 성장 억제를 보인 경우는 25예(89%)였다. 이러한 괴사소견은 주로 3 - 16개월(평균 6개월) 사이에 관찰되었다. 장기간의 추적영상에서 크기 감소를 보인 5예에서 3 - 6개월(평균 3.6개월)에 일시적인 종양의 크기 증가가 관찰되었으며 모두 내부에 괴사소견을 동반하였다.

결론: 청신경초종에 대한 감마나이프 수술은 종양의 성장을 억제하는데 매우 유용하였고 수술 후 단기간 추적 검사에서 관찰되는 종양의 괴사소견은 종양의 크기 감소나 성장 억제를 예측할 수 있는 좋은 예측인자로 생각된다.

청신경초종에 대한 일차적인 치료방법은 미세수술에 의한 종양의 완전적출로 종양에 의한 뇌간의 압박을 감소시켜 신경증상을 완화시키고 안면신경과 청력을 보존하는데 그 목적이 있다 (1). 1969년 Leksell이 청신경초종 환자의 치료에 처음으로 감마나이프를 이용한 정위적 방사선 수술을 시행한 이래로 뇌정위 기계와 전산화단층촬영이나 자기공명영상의 결합으로 방사선수술의 정확도와 효과가 향상되었고 (2, 3), 이에 따라 현재 많은 경우에서 감마나이프를 이용한 정위적 방사선 수술이 청신경초종 환자의 일차적인 치료 방법으로 시행되고 있다. 특히 최근 여러 연구자들에 의해 3 ㎝ 이하의 작은 종양의 일차적 치료와 종양 제거술 후 남은 종양이나 수술 후 재발된 경우에 이차적으로 감마나이프를 이용한 방사선 수술을 시행함으로써 미세 수술에 따른 합병증을 최소화 시키면서 90%이상의 높은 종양 성장 억제율을 보인 예들이 보고되고 있다 (4 - 6). 그러나 감마나이프 방사선 수술 후 종양의 성장이 억제되거나 종양의 크기가 감소되는 소견을 보일 때까지는 수술적 치료에 비하여 비교적 많은 시간이 필요하여, 감마나이프 수술 후 단기간 추적 자기공명영상에서 향후 종양의 크기 변화를 예측할 수 있는 소견이 필요하게 되었다. 이에 저자들은 감마나이프 방사선 수술을 이용한 청신경초종의 치료 중 시행한 추적 자기공명영상을 후향적으로 분석함으로써 추적 영상소견의 변화와 치료 효과에 대하여 알아 보고, 감마나이프 방사선 수술 후 단기간의 추적 자기공명영상에서 향후 종양의 크기를 예측할 수 있는 소견에 대하여서도 알아 보고자 하였다.

대상과 방법

1995년 2월부터 1999년 9월까지 청신경초종으로 감마나이

[1]인제대학교 의과대학 진단방사선과학교실
[2]인제대학교 의과대학 신경외과학교실
본 논문은 1999년도 인제대학교 학술연구조성비 보조에 의한 것임
이 논문은 2000년 6월 26일 접수하여 2000년 9월 29일에 채택되었음.

프 방사선 수술을 받은 45명의 환자 중 시술 후 3개월이상의 추적 관찰이 가능했던 34예를 대상으로 하였다. 남자가 11명, 여자가 23명이었고 연령은 11세에서 69세로 평균연령은 47세였다.

청신경초종의 진단은 미세종양절제술을 시행하여 병리학적으로 확진 된 예가 11예였고, 나머지 23예에서는 소뇌교각부에 위치하는 축외 종양으로서 청신경관내부와 연결되어 아이스크림콘 모양으로 보이는 비교적 특징적인 영상 소견을 바탕으로 방사선학적으로 진단하였다. 외과적 종양 절제술 후 감마나이프 수술을 시행한 11예는 종양 절제술 후 증상의 호전이 없거나 추적 영상에서 잔존 종양의 크기가 증가한 경우로, 절제술 후 감마나이프 방사선 수술까지의 기간은 2개월에서 41개월이었다. 감마나이프 수술 후 추적 관찰 기간은 3개월에서 44개월로 평균 17개월이었다.

사용된 감마나이프 기기는 LGU B23004(Electa, Stockholm, Sweden)였으며, 30예에서 50% 등량곡선이 종양의 가장자리까지 포함하도록 치료계획을 세웠고 종양의 가장자리에 조사된 평균조사량은 13.9Gy(5 - 17.5 Gy)였다. 사용된 MRI기기로는 1.5 T Gyroscan ACS - NT(Philips, Best, Netherlands)와 0.5 T MRT - 50 A/SE(Toshiba, Tokyo, Japan)를 이용하였다. 0.5 T MRT - 50 A/SE 기기로 스핀에코 기법에서는 반복시간(TR) 400 msec,에코시간(TE) 15 msec의 T1강조영상과 TR/TE 3000/120 msec의 T2강조영상을 얻었고 절편 두께는 3 - 5 mm, 간격은 0.3 - 0.5 mm였고 화소는 256×256이었다. 1.5 T Gyroscan ACS - NT 기기로는 스핀에코 기법으로 TR/TE 500/15 msec의 T1강조영상과 TR/TE 3300/120 msec의 T2강조영상을 얻었으며 절편 두께는 3 - 5 mm, 간격은 0.3 - 0.5 mm였으며 화소는 205×256였다. 모든 환자에서 축상면 T1, T2강조영상 및 축상면과 관상면, 시상면의 조영증강 T1강조영상을 얻었고 0.1 mmol/kg의 Gadolinum - DTPA(Magnevist, Schering, Berlin, Germany) 조영증강을 시행하였다.

영상의 분석은 시술 전과 시술 후의 추적영상에서 종양의 크기 변화와 그에 따른 종양의 조영증강 양상의 변화를 비교하였다. 종양의 크기 변화는 체적을 측정하여 비교하였는데 체적은 종양의 평균 직경을 구한 다음 Linskey 등 (7)이 제시한 방법을 이용하여 소뇌교각부에 위치하는 종양의 체적과 청신경관내부에 위치하는 종양의 체적을 더하여 구하였다. 추적 검사에서 종양의 크기가 감소하였거나 크기의 변화가 없는 경우를 효과적인 치료로 판단하였는데 이 경우 감마나이프 방사선 수술 후 단기간의 추적 자기공명영상에서 향후 종양의 크기를 예측할 수 있는 소견에 대하여서도 알아 보았다.

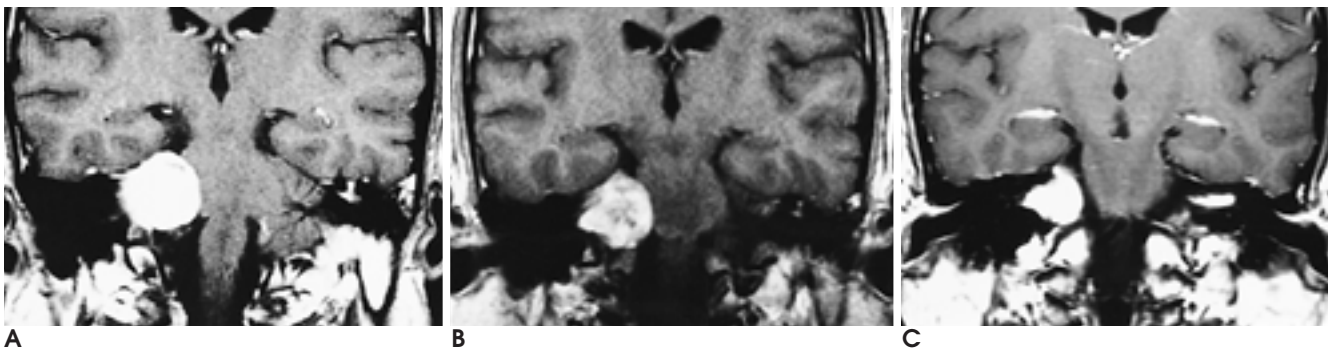
결 과

감마나이프 수술 후 종양의 크기가 감소한 예가 17예 (50%), 크기 변화가 없었던 예가 14예(41.2%)였고, 3예(8.8%)에서 크기의 증가를 보여 전체적으로 31예(91.2%)에서 효과적인 종양의 감소 및 성장 억제를 보였다. 대부분의 증례에서 추적 검사 기간 및 간격, 검사 횟수가 증례마다 일정하지 않았지만 방사선 수술 후 종양의 크기 감소는 대략 3 - 24개월 (평균 12개월) 사이에 시작되었고 추적 관찰 기간이 1년 이내인 18예와 1년 이상인 16예를 비교해 보았을 때 각각 27.8%와 75%로 나와 추적 관찰 기간이 길수록 종양의 크기 감소율은 증가하였다 (Table 1).

치료 후 종양 내부에서 괴사를 시사하는 조영증강의 소실은 전체환자 34예 중 28예(82.4%)에서 보였고, 괴사소견을 보인 28예 중 추적검사 상 종양의 크기 감소는 14예(50%)에서(Fig. 1), 크기 변화가 없었던 경우는 11예(39.3%)에서 관찰되어 전체적으로 25예(89.3%)에서 종양의 감소나 성장 억제를 보였다. 이러한 괴사의 소견은 주로 3 - 16 개월 (평균 6개월) 사

Table 1. Changes of Tumor Size After Gamma Knife Radiosurgery

Change	< 12 months Follow-up No.(%)	≥12 months Follow-up No.(%)	Overall No.(%)
Increased	3 (16.7)	0	3 (8.8)
Unchanged	10 (55.5)	4 (25)	14 (41.2)
Decreased	5 (27.8)	12 (75)	17 (50)
Total	18	16	34



A B C

Fig. 1. Coronal enhanced T1-weighted MR images of right acoustic schwannoma in 39 year old man.
A. At initial MRI, well enhancing right cerebellopontine angle tumor is noted.
B. Follow up MRI 8 months after radiosurgery shows slightly decreased tumor size and central loss of contrast enhancement.
C. Follow up MRI 24 months after radiosurgery shows markedly decreased tumor size and contrast enhancement.

이에 관찰되었다. 종양 내 괴사가 관찰된 28예 중 7예(25%)에서 5개월에서 16개월 (평균 13개월)사이에 괴사부위에 새로운 조영증강이 보였으나, 추적 검사상 5예에서 종양의 크기 감소가, 나머지 2예에서는 크기의 변화가 없었다.

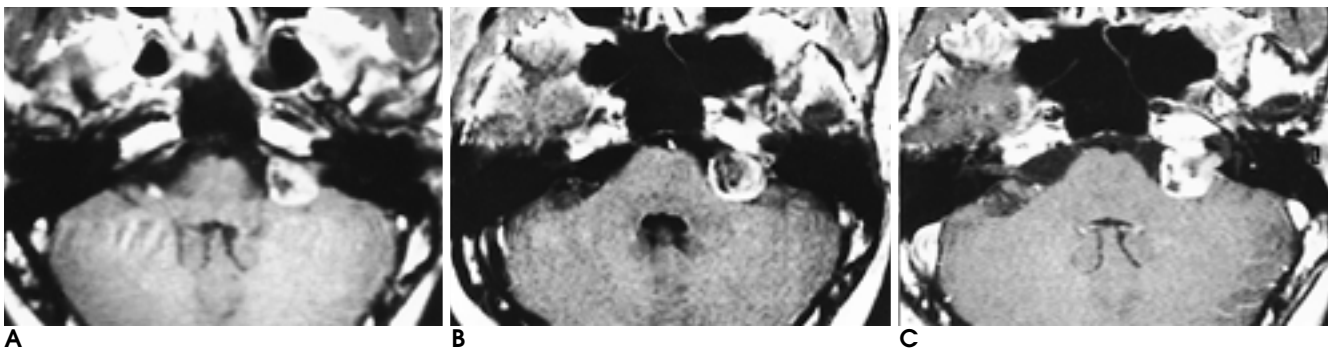
또한 2회 이상의 추적 자기공명영상을 시행한 17예중 5예에서 3 - 6개월(평균 3.6개월)에 일시적인 종양의 크기 증가가 관찰되었으나 (Fig. 2), 이 경우 전예에서 1회 또는 2회 추적 검사상 종양 내부에 괴사 소견을 동반하였고, 그 후에 시행한 장기간의 추적 검사 중 종양의 크기가 감마나이프 시술전과 비교하여 증가한 예는 없었다.

고 찰

비교적 천천히 자라는 양성 종양인 청신경초종의 일차적 치료는 여전히 미세수술에 의한 종양의 완전적출이지만 최근 뇌정위 기계와 전산화단층촬영이나 자기공명영상의 결합으로 방사선 수술의 정확도와 효과가 향상되었고 (2, 3), 이에 따라 청신경초종의 치료에 고식적으로 사용되던 미세수술 대신에 감마나이프를 이용한 정위적 방사선 수술의 이용이 늘어나고 있다. 청신경초종의 치료에서 감마나이프를 이용한 정위적 방사선수술의 목적은 종양의 크기를 작아지게 하거나 종양의 성장 억제 및 뇌신경의 기능 보존에 있으며 (1), 적응증으로는 환자의 상태가 수술 받기 어려운 경우나 양측성 종양, 또는 미세수술 후 재발하거나 종양이 남은 경우에 이용하였으나 (4, 8 - 10), 최근에는 종양의 크기가 작은 경우에 일차적 치료방법으로도 이용하고 있다 (11 - 13).

Noren 등 (6)에 의하면 청신경초종의 감마나이프 방사선 수술 후 평균 4년 동안의 추적 검사 결과 44%에서 종양의 크기 감소를, 42%에서 크기 변화가 없었으며, 14%에서 점차적으로 종양의 크기가 증가하였다고 보고하였다. Linskey 등 (4)은 40명의 환자를 1년 이상 추적 검사한 결과 55%에서 종양의 크기가 감소함을 관찰하였고, 이후 새로운 연구 (7)에서 평균 14.6개월동안의 추적 검사 결과 96%의 종양 성장 억제율을 보고하였고 시술 1년 이후에 36%, 2년 이후에 42%의 종양의 크기 감소율을 보여 추적관찰 기간이 길수록 종양의 크기 감소율은 증가하였다고 보고하였다. 이와 같이 여러 저자들의 청신경초종에 대한 감마나이프 치료효과는 86 - 95%의 완치율을 보였고, 저자들의 경우는 평균 17개월동안의 추적검사결과 종양성장 억제율이 92%로 이전의 여러 저자들에 의해 발표된 결과와 비슷하였다. 또한 Noren등 (14)은 약 20년 전 감마나이프로 초기에 치료하였던 환자들의 추적 검사 결과를 단기간의 추적 검사결과와 비교하여 발표함으로써 단기간의 추적 검사결과만으로도 장기간의 치료효과를 예측할 수 있게 되었는데, 감마나이프 치료 후 약 6%에서 종양의 크기가 커짐을 관찰할 수 있었고 이는 치료 후 약 2 - 3년 이내 길게는 5년 이내에서 관찰되었다. 종양의 크기가 작아진 경우를 살펴 보면, 감마나이프 치료 1년 이후에 32%, 2년 이후에는 40%, 4년 이후에는 64%, 10년 이후에는 91%의 종양 크기 감소율을 보고하였고, 2 - 3년 내에 종양의 크기가 커지지 않으면 20년 후의 추적검사에서도 종양의 크기가 커진 예는 없는 것으로 보아 2 - 3년 동안의 추적 검사 결과가 좋으면 환자의 종양은 그 후 평생동안 완치되었다고 할 수 있다고 하였다. 저자들의 증례를 추적 관찰 기간별로 1년 이내와 1년 이상의 두 군으로 나누어 종양 성장 억제율을 비교해 본 결과 1년 이상의 군 (75%)이 1년 이내의 군 (27.8%)보다 좋은 결과를 보여 추적 관찰 기간이 길수록 종양 성장 억제율은 증가하여 이전의 연구 결과 (7, 14)에 부합하였다.

미세수술에 의한 완치는 종양의 완전적출 및 추적 영상 검사에서 종양의 재발이 없는 것을 의미하나 정위적 방사선 검사에서의 완치란 방사선 조사에 의한 조직의 괴사나 종양세포가 섬유 모세포나 반흔 조직으로 교체됨으로써 종양의 성장을 멈추거나 크기가 감소되는 것을 의미한다 (5, 12). Noren 등 (5)은 감마나이프 수술 후 종양의 조영증강이 없어지는 것은 종양세포가 무혈관성 괴사조직으로 대치되는 것을 의미하며 이는 방사선에 의한 종양 내부 혈관의 손상 및 폐색에 의한 결과라고 설명하였고, 종양 혈관의 폐색은 방사선 수술 후 종양의 성장을 억제하는 가장 중요한 기전이라고 하였다. 종양 내부 괴사소견은 종양크기감소의 좋은 예측인자로 생각되어지나 (5, 7) 아직까지 통계학적 유의성은 밝혀지지 않고 있다. 또한 일정기간 경과 후 다시 조영증강 소견이 보이는 이유를 종양



A B C

Fig. 2. Axial enhanced T1-weighted MR images of left acoustic schwannoma in 40 year old man.
A. Enhancing mass with central necrosis in left cerebellopontine angle tumor is noted on initial MRI before radiosurgery.
B. Increased central necrosis and increased tumor size are evident on follow up MRI 3 months after radiosurgery.
C. Tumor shrinkage is seen on follow up MRI 14 months after gamma-knife radiosurgery.

의 허혈성 괴사가 혈관성 반흔조직으로 변하기 때문이라고 하였고 (5), Linskey 등 (7)은 괴사 후 재조영증강 소견이 보이는 이유가 혈관성 반흔조직으로 대치된 결과인지 종양의 혈관이 재생된 결과인지 확실하지 않다고 하였다. 저자들의 경우 28예 (82%)에서 감마나이프 수술 후 3개월에서 16개월(평균 6개월)사이에 종양 내 괴사소견이 관찰되어 Linskey등 (13)이 보고한 것과 비슷한 결과를 보였으며, 추적검사 상 이 중 25예(89%)에서 종양의 감소와 성장 억제가 관찰되었다. 또한 내부에 괴사가 관찰된 28예 중 7예 (25%)에서 5개월에서 16개월(평균 13개월)사이에 괴사부위에 새로운 조영증강이 보였으나, 추적 검사상 5예에서 종양의 크기 감소가, 나머지 2예에서는 크기의 변화가 없어 종양의 혈관재생에 의한 것이라기보다는 괴사조직이 혈관성 반흔조직으로 대치된 결과인 것으로 생각된다.

Peterson 등 (15 - 19)은 전이성 뇌종양을 포함한 뇌종양이나 뇌혈관기형의 감마나이프 수술 후 추적검사 중 7 - 43%의 환자에서 종양의 크기 감소 전에 종양의 진행을 시사하는 종양의 크기 증가, 부종형성 등의 소견이 일시적으로 관찰되었으나 3 - 6개월 내에 소실되었음을 보고하였다. 이러한 방사선 치료와 연관되어 비교적 빠른 시기에 관찰되는 일시적 종양의 크기 증가의 정확한 기전은 알려져 있지 않지만 다량의 방사선 조사에 따른 뇌혈관장벽의 파괴와 이로 인한 모세혈관의 투과성 증가, 부종, 이상조영증강 등의 지연 방사선 손상의 결과로 생각되고, 지속적인 추적검사를 통해 종양의 진행과 감별해야만 한다는 점에서 중요하다 (15). 저자들의 경우도 2회 이상의 추적 자기공명영상을 시행한 17예 중 5예 (29%)에서 일시적인 종양의 크기 증가를 보였으나 그 후의 추적 검사에서 종양의 크기는 감소하여 방사선 손상과 관련된 일시적 현상으로 생각하였다. 종양의 크기가 증가한 3예의 경우 전예에서 종양의 중심부에 괴사 소견이 동반되었고 평균 추적 기간이 6개월로 평균적으로 종양의 크기 감소가 시작된 것으로 판단된 12개월에 비하여 추적 기간이 짧았다는 점을 고려해 볼 때 방사선 치료에 따른 일시적인 종양의 크기 증가의 가능성이 많은 것으로 생각되며 이후 종양의 크기가 감소할 것으로 추측되나 적어도 2년이상의 지속적인 추적 검사가 필요할 것으로 생각된다.

저자들의 연구 분석에는 다음과 같은 제한점이 있었는데, 첫째 비교적 많은 예에서 추적 기간이 짧았다는 점과 둘째 추적 기간의 간격과 횟수가 불규칙했던 점, 셋째 증례 숫자가 작은 제한점이 있었다. 이는 향후 연구 분석시에 참고되어야 겠다.

결론적으로 감마나이프를 이용한 청신경초종의 정위적 수술은 종양의 성장을 억제 시키는데 유용하며, 단기간 추적 검사에서 내부에 조영증강이 되지 않는 괴사가 보일 경우 향후 종양의 크기가 감소하거나 성장의 억제를 보일 것으로 생각되며 또한 수술 후 3 - 6개월 내에 종양의 크기 증가가 보여도 내부에 괴사 소견이 동반되어 있는 경우는 효과적인 종양의 크기 감소나 성장 억제가 기대되나 적어도 2 - 3년의 추적 관찰 기간이 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Ogunrinde OK, Lunsford LD, Flickinger JC, Kondziolka D. Stereotactic radiosurgery for acoustic nerve tumors in patients with useful preoperative hearing : results at 2-year follow-up examination. *J Neurosurg* 1994;80:1011-1017
2. Bederson JB, Ammon KV, Wichmann WW, et al. Conservative treatment of patient with acoustic tumors. *Neurosurgery* 1991;28(5):646-651
3. Leksell L, Leksell D, Schwebel J. Stereotaxis and nuclear magnetic resonance : technical note. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1985;48:14-18
4. Linskey ME, Lunsford LD, Flickinger JC. Radiosurgery for acoustic neurinomas : early experience. *Neurosurgery* 1990;26:736-745
5. Noren G, Arndt J, Hindmarsh T. Stereotactic radiosurgery in cases of acoustic neurinoma : further experiences. *Neurosurgery* 1983;13:12-22
6. Noren G, Arndt J, Hindmarsh T, et al. *Stereotactic radiosurgical treatment of acoustic neurinomas*. In Lunsford LD (ed): Modern Stereotactic Neurosurgery. Boston, Martinus Nijhoff, 1988:481-489
7. Linskey M, Lunsford L, Flickinger JC. Neuroimaging of acoustic nerve sheath tumors after stereotaxic radiosurgery. *AJNR Am J Neuroradiol* 1991;12:1165-1175
8. Flickinger JC, Lunsford LD, Coffey RJ, et al. Radiosurgery of acoustic neurinomas. *Cancer* 1991;67:345-353
9. Duma CM, Lunsford LD, Kondziolka D, et al. Stereotactic radiosurgery of cavernous sinus meningiomas as an addition or alternative to microsurgery. *Neurosurgery* 1993;32:699-705
10. Lunsford LD, Flickinger J, Coffey RJ. Stereotactic gamma knife radiosurgery: initial north american experience in 207 patients. *Arch Neurol* 1990;47:169-175
11. Lunsford LD, Linskey ME. Stereotactic radiosurgery in the treatment of patients with acoustic tumors. *Otolaryngol Clin North Am* 1992;25:471-491
12. Linskey ME, Lunsford LD, Flickinger JC, et al. Stereotactic radiosurgery for acoustic tumors. *Neurosurg Clin North Am* 1992;3:191-205
13. Lunsford LD, Kondziolka D, Flickinger JC. Radiosurgery as an alternative to microsurgery of acoustic tumors. *Clin Neurosurg* 1992;38:619-634
14. Noren G, Karlborn S, Brantberg, et al. *Gamma knife radiosurgery in unilateral acoustic neurinoma : Long term result*. 6th International Leksell Gamma Knife Society Meeting, Kyoto, Japan, May 8-11, 1994
15. Peterson A, Melzer C, Evans KJ, Flickinger JC, Kondziolka D. MR imaging response of brain metastases after gamma knife stereotactic radiosurgery. *Radiology* 1999;211:807-814
16. Graeb D, Steinbok P, Robertson W. Transient early computed tomographic changes mimicking tumor progression after brain tumor irradiation. *Radiology* 1982;144:813-817
17. Bakardjiev Al, Barnes PD, Goumnerova LC, et al. Magnetic resonance imaging changes after stereotactic radiation therapy for childhood low grade astrocytoma. *Cancer* 1996;78:864-873
18. Morikawa M, Numaguchi Y, Rigamonti D, et al. Radiosurgery for cerebral arteriovenous malformations: assessment of early phase magnetic resonance imaging and significance of gadolinium-DTPA enhancement. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1996;34:663-675
19. Loeffler JS, Alenxander EI. *Stereotactic radiosurgery*. In Alenxander E, Loeffler JS, Lunsford D, eds. *Radiosurgery for the treatment of intracranial metastases*. New York, NY : McGraw Hill, 1993:197-206

대한방사선의학회지 2000;43:663 - 667

J Korean Radiol Soc 2000;43:663 - 667

Evaluation of Therapeutic Effect of Acoustic Schwannoma After Gamma-Knife Radiosurgery using Follow-up MRI[1]

Eun Young Joo, M.D., Seok Hyun Son, M.D., Choong Ki Eun, M.D., Sang Suk Han, M.D., Jae Hong Sim, M.D.[2], Sun Il Lee, M.D.[2], Moo Sung Kim, M.D.[2]

[1]Department of Diagnostic Radiology, Pusan Paik Hospital, College of Medicine, Inje University
[2]Department of Neurosurgery, Pusan Paik Hospital, College of Medicine, Inje University

Purpose: To evaluate, using short-term follow-up MR imagings, the usefulness of gamma-knife radiosurgery in patients with acoustic schwannoma.

Materials and Methods: In 34 patients (M:F = 11:23, aged 11 - 69 years) with acoustic schwannoma, eleven of whom had undergone microsurgical resection prior to gamma-knife radiosurgery, we retrospectively reviewed the serial MR imaging findings obtained before and after this procedure. Analysis focused on post-surgical changes in tumor volume and intratumoral enhancement, and the follow-up period ranged from 3 to 44 months.

Results: Follow-up imaging revealed that after radiosurgery, tumor size had decreased in 17 cases (50%), was unchanged in 14 (41.2%), and had increased in three (8.8%). Local tumor control was achieved in 31 of 34 cases (91.2%). Objectively defined tumor shrinkage was seen within 3 to 24 (median, 12) months of treatment, the rate of shrinkage increasing with longer follow-up. Three to 16 (median, 6) months after treatment, loss of central tumor enhancement was evident in 28 cases(82.4%). In 25 of 28 patients with intratumoral necrosis (89.3%), tumors were either smaller of their size was unchanged. Three to six (mean, 3.6) months after treatment, five cases demonstrated a transient size increase.

Conclusion: Gamma-knife radiosurgery effectively controlled the growth of acoustic schwannoma, and intratumoral necrosis appears to be a predictable sign for decreased tumor size.

Index words : Schwannoma
Brain neoplasms, MR
Brain neoplasms, therapeutic radiology

Address reprint requests to : Eun Young Joo, M.D., Department of Diagnostic Radiology, College of Medicine, Inje University, Pusan Paik Hospital, 633-165 Gaekum-dong, Pusanjin-gu, Pusan 614-735, Korea.
Tel. 82-51-890-6579 Fax. 82-51-896-1085