

안와 병변에 대한 감마나이프 방사선수술

최영주¹ · 이정일² · 김윤덕³

울산대학교 의과대학 울산대학교병원 안과학교실¹, 성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 신경외과학교실²,
성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 안과학교실³

목적 : 안와 병변에 대한 감마나이프 방사선수술의 임상적 효과에 대해 알아보려고 하였다.

대상과 방법 : 2004년 4월부터 2006년 1월까지 본원 안과와 신경외과에서 안와 병변으로 진단받고 본원 신경외과에서 감마나이프 방사선수술을 받은 환자 10명 10안을 대상으로 의무기록을 통해 후향적으로 조사하였다.

결과 : 환자들의 증상은 안구돌출, 통증, 시력저하 순이었고 병변의 종류는 수막종이 5명, 신경집종(schwannoma) 2명, 해면혈관종(cavernous hemangioma), 동정맥루(AV fistula), 눈물샘의 샘낭암종 환자가 각각 1명이었다. 8명에서 병변은 안와첨부위에 위치하고 있었고 종양이 시신경과 근접해 있는 환자들 중 5명의 환자에서는 분할조사 방식을 시도하였다. 감마나이프의 평균 누적 주변부 선량(mean marginal dose)은 17.0 Gy (12-20 Gy)이었으며 평균 누적 최대선량은 30.8 Gy (16.2-40.4 Gy)였다. 평균 13.9개월의 추적관찰기간 동안 3명에서 현저한 종양의 부피감소가 있었고 이들은 모두 증상의 호전을 보였다. 시술 전과 비슷하게 종양의 크기가 변화 없이 유지된 경우가 5명이었고 이 중 1명은 크기는 비슷하나 종양 중심부 괴사소견을 보이며 증상이 호전되었다. 감마나이프 수술 후 진행한 경우는 2명으로 1명은 종양제거 수술을 받았고 나머지 1명은 안와내용물 제거수술을 받았다.

결론 : 안와 병변에서 수술적 접근이 용이하지 않은 경우나 종양의 완전제거가 어려운 경우, 수술 후 재발한 경우 등에서 감마나이프 방사선 수술은 시력보존을 기대할 수 있는 비교적 효과적인 대체 치료방법의 하나로 생각된다.

〈한안지 49(4):555-561, 2008〉

안와 종양의 치료에는 완전 절제 외에도 부분 절제, 방사선치료, 항암화학요법 등 다양한 방법이 있다. 안와내 병변을 수술로 제거할 때 종양이 안와의 앞쪽에 위치한 경우에는 앞쪽안와절개술을 이용하여 비교적 용이하게 접근할 수 있으나 종양이 안와 뒷부분에 있을 때에는 머리뼈접근법이나 가쪽안와절개술과 같은 광범위하고 침습적인 방법이 필요하다.^{1,2} 현재까지 영상기술과 수술술기의 상당한 발전이 있었지만 종양의 종류와 분포범위에 따라 근처적 절제술을 시행할 경우 심각한 합병증이 발생할 가능성이 있어 수술적 제거가 용이하지 않은 경우들이 있다.

감마나이프 방사선수술(gamma knife radiosurgery)은 정위적 방사선수술(stereotactic radiosurgery)

의 한 종류로 최근 많은 두개내질환에서 미세수술이나 통상적 방사선치료를 대신하는 유용한 치료방법으로 알려져 있다. 이에 저자들은 외과적 접근이 용이하지 않은 안와 종양 환자의 치료에서 보다 비침습적인 감마나이프 방사선수술의 치료 효과와 안전성에 대해 알아보려고 하였다.

대상과 방법

2004년 4월부터 2006년 1월까지 삼성서울병원 안과와 신경외과에서 안와 병변으로 진단받은 환자들 중 감마나이프 방사선수술 치료를 받은 10명 10안을 대상으로 의무기록을 통해 후향적으로 조사하였다. 환자들의 평균 연령은 38.7세로 23세부터 75세까지 분포하였고 환자 중 남자가 2명, 여자가 8명이었다. 안와 병변의 종류, 시력, 안구돌출, 상대적 구심성 동공반사장애, 복시유무, 시신경유두 등의 소견을 조사하였고 시력의 이상이 있는 경우에는 시야검사, 시유발전위검사를 시행하였다. 이러한 안과 검사와 방사선수술 전 자기공명영상과 술 후 최종 내원시 검사한 자기공명영상 또는 컴퓨터단층촬영의 방사선 자료를 기준으로 종양의 체적 변화와 증상의 변화여부를 확인하여 치료효과를

〈접수일 : 2007년 5월 30일, 심사통과일 : 2007년 10월 28일〉

통신저자 : 김 윤 덕

서울시 강남구 일원동 50

성균관대학교 삼성서울병원 안과

Tel: 02-3410-3568, Fax: 02-3410-0074

E-mail: ydkimoph@skku.edu

* 본 논문의 요지는 2007년 대한안과학회 제97회 춘계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

판정하였다.

감마나이프 방사선수술은 국소마취 하에 Leksell 정 위기구를 머리에 고정된 후 자기공명영상을 시행하였다. 2 mm 간격으로 T2 강조영상, 조영제 투여 후 1 mm 간격으로 T1 강조영상을 얻었다. Gammaplan version 5.32 (Elekta, Sweden)를 사용하여 방사선 선량을 계획하였고 Leksell gamma knife Model B 혹은 C (Elekta, Sweden)를 이용하여 수술을 시행하였다. 감마나이프 방사선수술은 종양이 시신경과 2 mm 이상 떨어져 있는 경우에는 1회의 감마선 조사로 시행하였고, 종양이 시신경과 근접해 있는 환자들 중 이미 유효한 시력이 남지 않은 3명을 제외한 5명의 환자에서는 분할조사 방식을 시도하였는데 4명에서는 12시간 간격으로 4회, 1명에서는 24시간 간격으로 3회 분할하는 방식으로 시행하였다.

결 과

초진 시 증상으로는 안구돌출이 5명으로 가장 많았고 시력저하, 두통, 사시, 눈꺼풀 부종 순이었다. 병변이

우측에 위치한 환자가 5명, 좌측에 위치한 환자가 5명이었다. 병변은 수막종이 5명으로 가장 많았으며 신경집종(schwannoma)이 2명, 해면혈관종(cavernous hemangioma)이 가장 의심되는 1명, 동정맥루(AV fistula), 눈물샘의 샘낭암종 환자가 각각 1명이었다 (Table 1). 뇌혈관동정맥루 환자는 위안와틈새 부위의 혈관에서 발생하여 색전술 시 성공할 확률이 낮고 합병증이 발생할 위험성이 높은 상태였으며 이 뇌혈관동정맥루 환자와 눈물샘의 샘낭암종 환자를 제외하면 다른 8명의 환자에서 종양은 안와 침부에 위치하고 있었다.

이전에 다른 치료를 받았던 환자가 4명이었으며 이중 수술로 부분절제만 했던 경우가 2명으로 수막종 환자와 신경집종 환자가 각각 1명이었고, 전두엽에도 병변이 있어 수술과 방사선치료를 동시에 받은 수막종 환자가 1명, 나머지 1명은 주변조직으로의 침범이 있어 수술이 가능하지 않아 방사선 치료만 시행받은 눈물샘의 샘낭암종 환자 1명이었다. 이들은 모두 최초 치료 후 종양의 크기 증가와 증상의 악화를 보여 감마나이프 방사선 수술을 결정하였다.

Table 1. Radiosurgical feature of lesions treated with gamma knife radiosurgery

No. of patients	Pathologic diagnosis	Location	Maximal Dose (Gy)	Marginal dose (Gy)	No. of fraction
1	Meningioma	Optic n.	10.2	5	3
2	Meningioma	Optic n. cavernous sinus	10.1	5	4
3	Meningioma	Orbital apex	25.5	12	
4	Meningioma	Frontal & sphenoid bone	8.0	4	4
5	AVF*	Ophthalmic a.	16.2	13	
6	Cavernous hemangioma	Orbital apex	31.5	15	
7	Adenocystic ca.	Lacrimal gland	26.2	13	
8	Schwannoma	Orbital apex	28.5	14	
9	Meningioma	Optic n,	10	5	4
10	Schwannoma	Orbital apex	9.1	5	4

* AVF = arteriovenous fistula.

Table 2. Summary of results after radiosurgery

No. of patients	Pathologic diagnosis	Follow up (months)	Lesion Vol. (mm ³)		Radiosurgical response	Visual Acuity	
			Before GKS*	After GKS*		Before GKS*	After GKS*
1	Meningioma	17	886.4	817.8	Necrosis	0.1	0.7
2	Meningioma	25	6800	4700	Shrunken	LP [†] (+)	CF [‡]
3	Meningioma	13	2400	2074	Static	0.03	0.01
4	Meningioma	21	3100	8100	Aggravated	0.1	LP (-)
5	AVF*	16	32	25	Static	1.0	0.9
6	Cavernous hemangioma	18	2000	1400	Shrunken	LP (-)	LP (-)
7	Adenocystic ca.	3	2996.2	3879	Aggravated	1.0	Exenteration
8	Schwannoma	5	5000	4500	Static	LP (+)	LP (+)
9	Meningioma	9	736.6	733	Static	1.0	1.0
10	Schwannoma	12	1700	428	Shrunken	0.4	1.0

* GKS = gamma knife radiosurgery; [†] LP = light perception; [‡] CF = counting fingers.

5명의 환자에서는 조직학적 검사를 통해 종양의 종류를 진단하였는데 이 중 3명은 이전에 받았던 종양제거 수술 시 얻은 조직으로 확진이 가능하였고 1명은 조직검사로, 나머지 1명은 세침 흡인 생검을 통해 진단하였다. 그 외의 경우에는 자기공명영상과 안와컴퓨터단층촬영 검사에서 보이는 각 종양들의 특징적인 소견으로 진단하였다.

종양의 평균 병소체적(mean tumor volume)은 2563.6 mm³ (32~5000 mm³), 감마나이프의 평균 누적 주변부 선량(mean marginal dose)은 17.0 Gy (12-20 Gy) 이었으며 평균 누적 최대선량 (mean maximal dose)은 30.8 Gy (16.2-40.4 Gy)였다 (Table 1). 추적관찰 기간은 3개월부터 25개월로 평균 13.9개월이었다.

감마나이프 방사선 수술 후 2명은 시술 전 보다 상태가 악화되었는데 1명은 눈물샘의 샘낭암종 환자로 시술 후 3개월 만에 새로운 병소가 생겨 안와내용물제거술을 받았고 다른 1명은 안와나비뼈 수막종환자로 우측 전두엽에도 병변이 있어 이전에 수술 및 방사선치료를 받았고 이후 안와쪽 수막종이 재발하여 감마나이프 방사선 수술을 추가로 받았던 환자로 20개월 만에 종양이 재발

했고 안구돌출이 진행하여 다시 종양의 외과적 제거수술을 받았다.

감마나이프 수술 후 병소체적이 20% 이상 감소한 환자가 3명 있었으며 이들은 모두 증상의 호전을 보였다 (Table 2). 이 3명 중 1명은 안와 침부에 위치한 신경집종 환자로 이전에 가쪽안와절개술을 이용한 안와 종양 제거 수술을 시도하였으나 신경들이 종괴의 피막에 포함되어 있어 합병증 없이는 완전제거가 불가능한 상태여서 부분절제만 시행하였던 경우로, 수술 후 시력의 호전을 보이다 1년 후 종양이 재발하여 1회 당 5 Gy씩 12시간 간격으로 4회 분할 감마나이프 방사선 수술을 받았고 시력은 0.4에서 1.0으로 회복되었다. 1명은 시신경 수막종이 의심되는 환자로 주증상은 내원 수 개월 전부터 발생한 안구돌출이었고 시력은 10년 전부터 저하된 상태로 술 전 광각인지 상태에서 분할 감마나이프 수술 후 안전수지로 큰 호전은 없었으나 안구돌출이 다소 호전되었다. 다른 1명은 7년 전부터 시력이 광각 없음 상태였고 내원 수개월 전 발생한 안구돌출이 주 증상이었던 해면혈관종 환자로 감마나이프 방사선 수술 후 안구돌출이 호전되었다(Fig. 1).

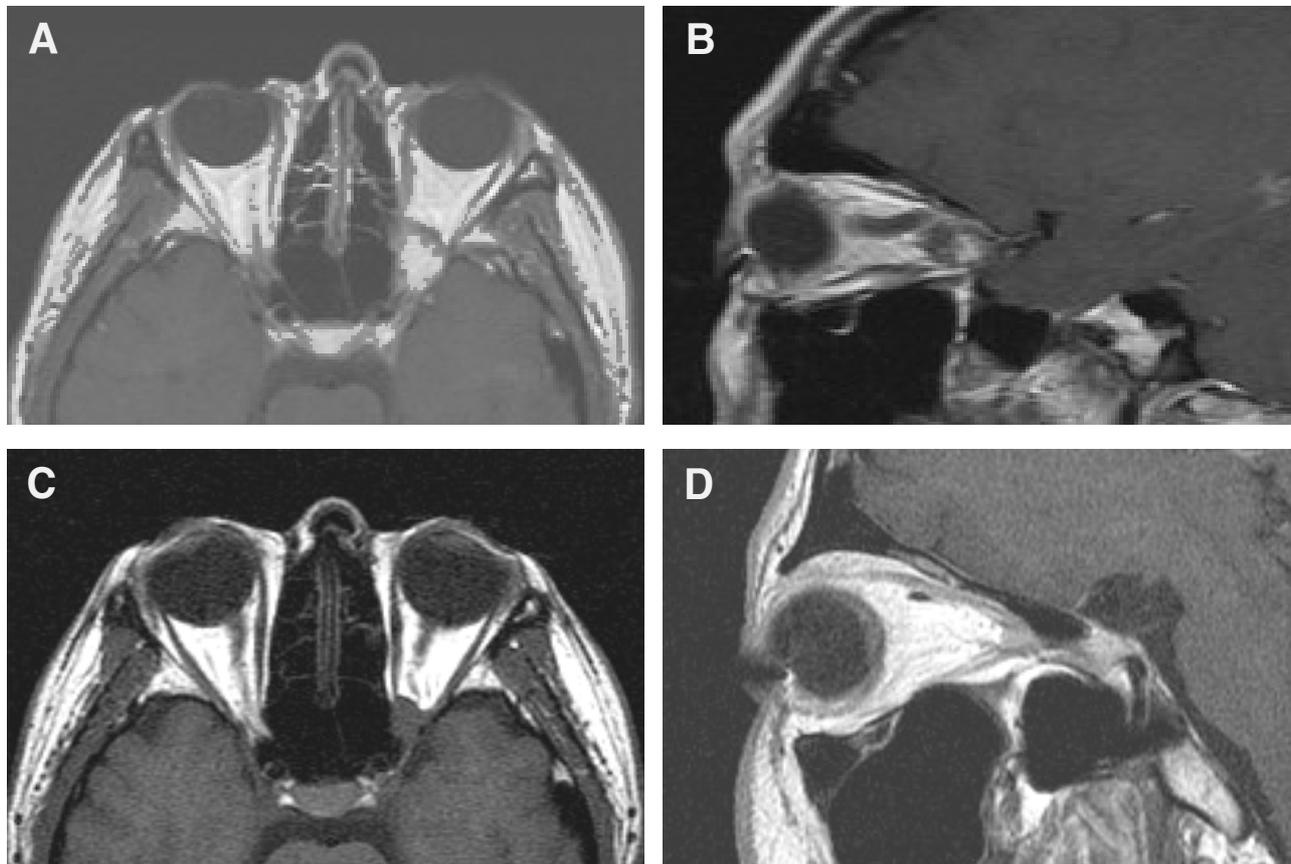


Figure 1. T1-weighted axial magnetic resonance image (A) and sagittal images (B) before radiosurgery in case 6 with cavernous hemangioma in the left orbital apex. Eighteen months after radiosurgery (C, D) the tumor volume is reduced.

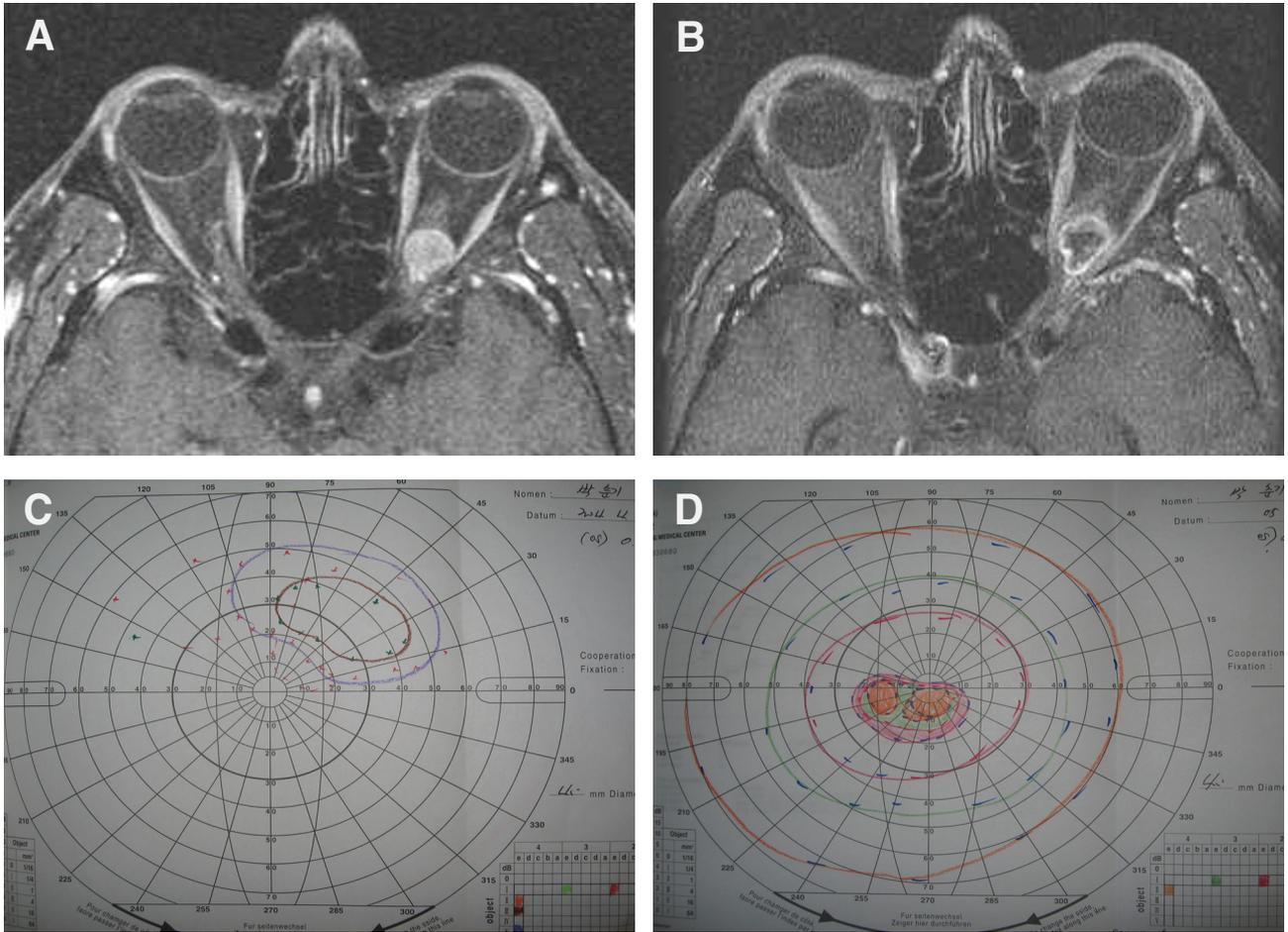


Figure 2. Optic nerve sheath meningioma in a 34-year-old woman (case 1) presenting with decreased visual acuity in her left eye for 2 months. Before gamma knife surgery axial T1 contrast MR image (A) reveals a well-circumscribed retrobulbar mass in the left orbit and 7 months after fractionated gamma knife surgery (B) central necrotic lesion is shown. (C) Visual field examination of the left eye before radiosurgery showed extensive field loss. The visual acuity of her left eye decreased to 0.1. (D) Seven months after radiosurgery the visual field improved except small paracentral scotoma and visual acuity improved to 0.7.

나머지 5명은 수술 후 자기공명영상이나 안와컴퓨터 단층촬영 검사에서 종양 크기의 유의한 변화 없이 유지되었다. 이 중 시신경 수막종환자 1명은 종양의 크기 자체는 변화가 없었으나 분할 감마나이프 방사선 수술 후 종양 중심부 괴사소견을 보이며 시력도 술 전 0.1에서 술 후 0.7로 호전을 보였고 시야장애도 회복되었다 (Fig. 2). 이전에 다른 치료를 받았던 4명의 환자들의 치료 효과를 살펴보면 수술로 부분절제를 했던 2명 중 수막종 환자는 종양의 크기 변화 없이 유지되었고 신경집종 환자는 종양의 크기가 줄면서 시력도 회복되었다. 나머지 2명은 눈물샘의 샘낭암종 환자와 안와나비뼈 수막종 환자로 병변이 재발하여 각각 안와내용물제거술과 종양의 외과적 절제술을 받았다.

감마나이프 수술 중, 수술 후 일시적 두통, 안통 외의 합병증이 발생한 경우는 없었고 백내장, 방사선 망막증 등 안과적 합병증의 발생도 없었다.

고 찰

감마나이프 방사선수술은 정위적 방사선수술의 한 종류로 최근 발달된 영상기술과 컴퓨터 기술로 병변의 3차원적 형태와 움직임을 파악하여 병소주변의 정상 조직에 조사되는 방사선량을 최소화하면서 병변에 대해서는 고용량의 이온화 방사선을 집중적으로 정확히 조사하는 비침습적인 방법으로 1950년대 Lars Leksell에 의해 그 개념이 처음 도입되었고 1960년대 말에 감마나이프 장비가 처음 개발되었다.^{3,4} 감마나이프는 머리 주위에 201개의 코발트(cobalt-60)를 반구형으로 배치하여 각기 다른 방향에서 감마선을 조사하고 반구 중심에서 모든 감마선이 교차하도록 설계되어 있는데 이렇게 하면 방사선원 하나에서 나온 감마선이 지나가는 중간 경로에 있는 정상 조직은 최소한의 영향을 받으면서 각 방향에서 들어간 감마선의 에너지 분포 곡선들이 중첩

되고, 이에 따라서 중심에 최대 에너지 초점이 형성되기 때문에 이곳에 있는 병변을 치료할 수 있게 된다.^{5,6} 전신마취나 수술적 조작에 따르는 합병증이 없이 머리 부위의 어떤 위치라도 치료가 가능하다는 것이 장점으로, 이러한 정위적 방사선수술은 그 동안 너기저부나 두개내의 수술적 접근이 어려운 병변에 주로 사용되어져 왔다.⁷⁻¹³

시신경 주위 종양에서 미세종양절제수술을 시행하면 신속히 시신경을 감압할 수 있으므로 이상적인 치료이나 실제로는 시신경과 시신경교차는 구조상 뇌와 근접해 있어 시신경주위 종양을 수술로 제거 하는 것이 기술적으로 어려운 경우가 많다. 수술적 접근이 가능한 경우라도 시신경을 조작하다 시력 상실을 초래할 위험성이 있으며 상당수에서 종양이 해면 정맥동까지 침범해 있어 이런 경우 완전 제거가 쉽지 않다. 이 경우 수술로 인한 이점이 없을 때 일반적인 방사선 수술(stereotactic radiosurgery)로 1회만 시행하는 단일 조사 방사선 수술이나 통상적인 분할 방사선 치료(fractionated radiation therapy)를 대체 치료방법으로 생각해 볼 수 있다.¹⁴⁻¹⁶

수술이 불가능하고 시신경과의 거리가 2~3 mm 이내인 종양은 통상적인 분할 방사선치료를 가장 흔히 사용하여 왔는데 시신경병증의 발생 빈도는 낮으나^{19,20} 종양의 억제, 특히 종양크기가 줄어드는 정도는 방사선 수술보다 낮고^{21,22} 치료범위에 정상조직도 포함되므로 국소방사선치료 후 수년이 지나 뇌하수체 부전, 이차 악성종양, 측두엽 방사선 괴사 등의 후기 합병증이 발생할 수 있는 것으로 알려져 있다.²³⁻²⁵ 그 외 1차 치료로 분할 방사선 치료를 시행한 후 재발한 경우에는 다시 통상적인 방사선치료는 시행할 수 없다는 단점이 있으며 6주간의 긴 치료기간도 환자의 불편을 초래하는 요인의 하나가 되기도 한다.

단일 조사 방사선수술은 뇌하수체 주변 종양에서 종양 억제율이 높고 비교적 안전하지만 정상 시신경과 안구는 방사선에 민감하므로 시신경에 1회 8-10 Gy 이상의 방사선을 조사하면 시신경손상을 유발할 수 있는 것으로 알려져 있어^{13,17,18} 시신경이나 시신경교차에서 2~3 mm 이내에 위치한 종양에는 사용하지 않는 것이 일반적이다.^{13,17,18}

저자들의 경우 병변과 시신경 사이의 거리가 2~3 mm 이내인 경우에는 1회 방사선 조사량이 8 Gy가 넘지 않도록 3~4회로 나누어 방사선을 조사하는 분할 조사 감마나이프 방사선 수술(fractionated gamma knife radiosurgery)을 시행하였는데, 이 방법은 방사선이 조사되는 시신경의 길이와 방사선에 대한 내성은 반비례하기 때문에 해부학적으로 정확한 위치에 다

량의 방사선을 조사할 수 있는 방사선수술의 장점을 분할조사와 절충함으로써 종양이 방사선에 민감한 안구나 시신경, 시신경교차 주변에 있는 경우 종양 주위 조직에 손상을 최소화하며 시신경 손상은 줄이고 종양 억제 효과는 높이면서도 치료기간은 분할 방사선치료보다 단축시킬 수 있다는 장점이 있다.²² 방사선에 민감한 조직과 인접한 종양의 치료에는 분할 정위적 방사선수술(fractionated stereotactic radiosurgery)을 새로운 치료방식의 하나로 생각해 볼 수 있다.

합병증 중 하나인 감마나이프 방사선수술에 의한 신경독성은 시간 경과에 따라 즉시(24시간 이내), 급성(3개월 이내), 만성(3개월 이후)으로 나눌 수 있는데 방사선수술 직후 발생하는 예로는 경련, 오심, 구토 등이 있고 급성 및 만성 신경독성으로는 부종, 방사선 괴사(radiation necrosis) 등이 있다. 방사선으로 인한 시신경병증도 만성 신경독성의 일종으로²⁶ 대부분 6개월에서 3년 사이에 주로 발생하며 2/3 이상에서 증상이 치료 후 8~13개월 내에 생김²⁷⁻²⁹ 시야와 시력의 영구적인 상실을 초래하므로 예방이 가장 중요하다. 본 연구에서는 안와 종양이 시신경과 인접한 8명 중 유효한 시력이 없는 3명을 제외한 5명에서 분할 방사선수술을 시행하였는데 이 중 3명에서 증상의 호전이 있었고 이 3명 중 2명의 종양의 크기도 감소하였다. 나머지 2명 중 1명은 종양의 크기 변화 없이 유지되었고 1명만 종양크기가 증가하였다.

전체 10명 중 3명에서 종양의 크기가 감소하였고 1명에서 중심부 괴사가 발생하였으며, 2명에서 시력이 호전되었고 2명에서 안구돌출이 호전되는 등 모두 4명에서 증상의 호전이 있었고 4명은 뚜렷한 호전은 없었으나 종양의 진행은 없었다. 방사선수술 후 일시적 통증이 있었던 2예의 경우 외 다른 심각한 합병증은 없었다.

감마나이프 방사선수술 후 시력이 악화된 환자는 3명으로 감마나이프 방사선수술 후 종양이 진행한 2명을 제외하고 치료 전보다 시력이 악화된 1명은 안와침수막종환자로 7~8년 전부터 동안신경 마비와 토안이 있어 이로 인한 각막혼탁이 있었고 시력은 0.08로 이미 저하된 상태였으며 각막손상이 진행된 것이 시력 저하의 주원인으로 생각되었다.

이전에 다른 치료를 받았던 4명의 환자들에게서도 1명은 종양의 크기가 줄었고 1명은 종양 진행이 억제되는 등 치료 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 환자들의 추적관찰 기간은 3개월 만에 새로운 병소가 생겨 안와내용물제거술을 받은 환자부터 최장 25개월까지 종양의 크기가 줄어든 채 유지되는 환자까지 평균 추적관찰 기간은 13.9개월로 경과관찰 기간이 짧아 추후 방사선 수술에 대한 종양의 반응과 장

기적인 합병증 발생 여부를 확인하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

안와침 부위에 위치하거나 해면정맥동까지 침범하여 수술적 접근이 어렵고 합병증이 발생할 위험성이 높아 수술 후 시기능의 손상이 우려되는 안와 종양 및 혈관병변에서 감마나이프 방사선수술은 시력보존을 기대할 수 있는 비교적 효과적인 대체 치료방법의 하나로 생각된다. 특히 방사선에 민감한 안구와 시신경에서 분할 방사선수술은 종양의 억제와 방사선 시신경 손상의 방지 모두에 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- 1) Maroon JC, Kennerdell JS. Surgical approaches to the orbit. Indications and techniques. *J Neurosurg* 1984;60:1226-35.
- 2) Lew H, Lee SY, Lee KS, et al. Removal of orbital tumor through transfrontal approach. *J Korean Ophthalmol Soc* 1994;35:1723-7.
- 3) Leksell L. Stereotactic radiosurgery. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1983;46:797-803.
- 4) Leksell L. The stereotactic method and radiosurgery of the brain. *Acta Chir Scand* 1951;102:316-9.
- 5) Pollock BE, Gorman DA, Schomberg PJ, Kline RW. The Mayo Clinic gamma knife experience: indications and initial results. *Mayo Clin Proc* 1999;74:5-13.
- 6) Yamamoto M. Gamma Knife radiosurgery: technology, applications, and future directions. *Neurosurg Clin N Am* 1999;10:181-202.
- 7) Aichholzer M, Bertalanffy A, Dietrich W, et al. Gamma knife radiosurgery of skull base meningiomas. *Acta Neurochir (Wien)* 2000;142:647-52.
- 8) Chen JC, Giannotta SL, Yu C, et al. Radiosurgical management of benign cavernous sinus tumors: dose profiles and acute complications. *Neurosurgery* 2001;48:1022-30.
- 9) Feigl GC, Bonelli CM, Berghold A, Mokry M. Effects of gamma knife radiosurgery of pituitary adenomas on pituitary function. *J Neurosurg* 2002;97:415-21.
- 10) Kobayashi T, Kida Y, Mori Y. Gamma knife radiosurgery in the treatment of Cushing disease: long-term results. *J Neurosurg* 2002;97:422-8.
- 11) Pendl G, Schröttner O, Friehs GM, Feichtinger H. Stereotactic radiosurgery of skull base meningiomas. *Stereotact Funct Neurosurg* 1995;64:S11-8.
- 12) Sheehan JM, Vance ML, Sheehan JP, et al. Radiosurgery for Cushing's disease after failed transsphenoidal surgery. *J Neurosurg* 2000;93:738-42.
- 13) Tishler RB, Loeffler JS, Lunsford LD, et al. Tolerance of cranial nerves of the cavernous sinus to radiosurgery. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1993;27:215-21.
- 14) Andrews DW, Faroozan R, Yang BP, et al. Fractionated stereotactic radiotherapy for the treatment of optic nerve sheath meningiomas: preliminary observations of 33 optic nerves in 30 patients with historical comparison to observation with or without prior surgery. *Neurosurgery* 2002;51:890-902.
- 15) Chang SD, Adler JR Jr. Treatment of cranial base meningiomas with linear accelerator radiosurgery. *Neurosurgery* 1997;41:1019-25.
- 16) Ove R, Kelman S, Amin PP, Chin LS. Preservation of visual fields after peri sellar gamma knife radiosurgery. *Int J Cancer* 2000;90:343-50.
- 17) Girkin CA, Comey CH, Lunsford LD, et al. Radiation optic neuropathy after stereotactic radiosurgery. *Ophthalmology* 1997;104:1634-43.
- 18) Leber KA, Bergloff J, Langmann G, et al. Radiation sensitivity of visual and oculomotor pathways. *Stereotact Funct Neurosurg* 1995;64:S233-8.
- 19) Movsas B, Movsas TZ, Steinberg SM, Okunieff P. Long-term visual changes following pituitary irradiation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1995;33:599-605.
- 20) Paek SH, Downes MB, Bednarz G, et al. Integration of surgery with fractionated stereotactic radiotherapy for treatment of nonfunctioning pituitary macroadenomas. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005;61:795-808.
- 21) Estrada J, Boronat M, Mielgo M, et al. The long-term outcome of pituitary irradiation after unsuccessful transsphenoidal surgery in Cushing's disease. *N Engl J Med* 1997;336:172-7.
- 22) Metellus P, Regis J, Muracciole X, et al. Evaluation of fractionated radiotherapy and gamma knife radiosurgery in cavernous sinus meningiomas: treatment strategy. *Neurosurgery* 2005;57:873-86.
- 23) Brada M, Ford D, Ashley S, et al. Risk of second brain tumour after conservative surgery and radiotherapy for pituitary adenoma. *BMJ* 1992;304:1343-6.
- 24) Nelson PB, Goodman ML, Flickenger JC, et al. Endocrine function in patients with large pituitary tumors treated with operative decompression and radiation therapy. *Neurosurgery* 1989;24:398-400.
- 25) Sachs RK, Brenner DJ. Solid tumor risks after high doses of ionizing radiation. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2005;102:13040-5.
- 26) Shaw EG, Coffey RJ, Dinapoli RP. Neurotoxicity of Radiosurgery. *Semin Radiat Oncol* 1995;5:235-45.
- 27) Hudgins PA, Newman NJ, Dillon WP, Hoffman JC Jr. Radiation-induced optic neuropathy: characteristic appearances on gadolinium-enhanced MR. *AJNR Am J Neuroradiol* 1992;13:235-8.
- 28) Jiang GL, Tucker SL, Guttenberger R, et al. Radiation-induced injury to the visual pathway. *Radiother Oncol* 1994;30:17-25.
- 29) Leber KA, Bergloff J, Pendl G. Dose-response tolerance of the visual pathways and cranial nerves of the cavernous sinus to stereotactic radiosurgery. *J Neurosurg* 1998;88:43-50.

=ABSTRACT=

Gamma Knife Radiosurgery for Orbital Lesions

Young-Joo Choi, M.D.¹, Jung-Il Lee, M.D.², Yoon-Duck Kim, M.D.³

*Department of Ophthalmology, Ulsan University Hospital, Ulsan University School of Medicine¹, Ulsan, Korea
Department of Neurosurgery, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine², Seoul, Korea
Department of Ophthalmology, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine³, Seoul, Korea*

Purpose: To evaluate the effectiveness and safety of treating orbital lesions with gamma knife radiosurgery (GKS).

Methods: Between April 2004 and January 2006, ten patients who had orbital tumors or vascular lesions and who underwent GKS were included in this retrospective study.

Results: Ten patients with orbital lesions were treated with GKS. The group of orbital lesions consisted of 5 meningiomas, 2 schwannomas, 1 cavernous hemangioma, 1 arteriovenous fistula, and 1 adenoidcystic carcinoma of the lacrimal gland. The most common symptom was proptosis. The tumors were located at the orbital apex in eight patients, and five of these patients were treated with fractionated stereotactic radiosurgery. The mean cumulative marginal dose was 17.0 Gy (12-20 Gy), and the mean cumulative maximal dose was 30.8 Gy (16.2-40.4 Gy). The follow-up period ranged from 3 to 25 months (mean 13.9 months). During the follow-up period, magnetic resonance imaging revealed a decrease of tumor volume in 3 patients with symptomatic improvement. In two patients, tumor volume increased. No radiation-induced optic neuropathy, retinopathy, or cataract was observed in any of the 10 patients during the follow-up period.

Conclusions: Gamma knife radiosurgery is an effective and relatively safe treatment when orbital lesions have a high risk of neurosurgical deficits with surgery, when they recur after incomplete resection, or when complete removal of tumor is impossible.

J Korean Ophthalmol Soc 49(4):555-561, 2008

Key Words: Gamma knife radiosurgery, Orbital tumor

Address reprint requests to **Yoon-Duck Kim, M.D.**

Department of Ophthalmology, Samsung Medical Center, School of Medicine Sungkyunkwan University
#50, Ilwon-dong, Gangnam-gu, Seoul 135-710, Korea

Tel: 82-2-3410-3568, Fax: 82-2-3410-0074, E-mail: ydkimoph@skku.edu