Journal of Radiation Industry 12(4) : 337~341(2018)

삼차신경통 환자의 감마나이프 수술 시 섹터블록 사용의 유용성 평가

정창영[1] · 백금문[1] · 우성호[2] · 김명준[2] · 황정호[2] · 이현비[2] · 김호성[2,*]

[1]서울아산병원 방사선종양학과, [2]신한대학교 방사선학과

The Usefulness of Sector Blocks in Gamma Knife Surgery with Trigeminal Neuralgia

Chang-Young Jung[1], Geum-Mun Back[1], Sung-Ho Woo[2], Myoung-Jun Kim[2], Jung-Ho Hwang[2], Hyun-Bi Lee[2] and Ho-Sung Kim[2,*]

[1]*Department of Radiation Oncology, Asan Medical Center, 88, Olympic-ro 43-gil, Songpa-gu, Seoul 05505, Republic of Korea*
[2]*Department of Radiological Science, Shinhan University, 95, Hoam-ro, Uijeongbu-si, Gyeonggi-do 11644, Republic of Korea*

Abstract - Sector block is not used for Gamma Knife surgery in patients with generalized trigeminal neuralgia but sector block is used to reduce the dose reaching the brain stem when the trigeminal ganglgia and the 'Brain stem', radiation sensitive tissue, are adjacent. In the Gamma Knife surgical plan of this study, a surgical plan was established using a Leksell Gamma Plan 11. 1.0 (Elekta Instrument AB, Sweden) with one patient (Block unused, Brain stem dose No volume over 12 Gy, Case 1) who did not need a sector block and four patients (Block unused, Brain stem dose 12 Gy or more, Case 2~5) with a sector block. Magnetic resonance images were obtained by MPRAGE T1 and CISS Respectively. When the trigeminal ganglion is in close proximity to the brain stem, the brain stem volume is decreased when the sector block is used, while the treatment time was increased. In conclusion, This Study evaluates the usefulness of the Sector block in brain stem through Gamma Knife surgery in trigeminal neuralgia, which is considered to be the most important factor for the Gamma Knife surgery.

Key words : Gamma Knife, Sector block, Trigeminal nueualgia, Brain stem

서 론

'감마나이프(Gamma Knife; GK)'는 1951년 스웨덴의 Luksell이 처음 개념을 정립 후에 수술에 응용하기 시작하였다(Korea Society of Medical of Technique for Radiosurgery 2016). '감마나이프 정위방사선수술(Gamma Knife streotatic radiosurgery; GK SRS)'은 정위 방법으로 위치를 결정한 두개강 내 병소에 감마선을 집중시켜 조사하는 수술법으로써 신경외과 영역에서 머리를 절개하지 않는 비 침습적 수술방법으로 사용되고 있으며, 수술하고자 하는 병소 주위에서 급격히 선량이 감소하기 때문에 수술부위에 가능한 많은 양의 방사선을 조사할 수 있어 안정성을 높일 수 있고 병소를 효과적으로 수술할 수 있다(Jeon *et al*. 2000).

* Corresponding author: Ho-Sung Kim, Tel. +82-31-870-3412, Fax. +82-31-870-3419, E-mail. hskimsh@shinhan.ac.kr

최근 ^{60}Co선원 192개를 장착하고 기존의 헬멧형 Collimator가 아닌 '섹터(Sector)'의 개념을 도입한 'Leksell Gamma Knife ICON (Elekta Instrument AB, Sweden)'모델이 개발되어 사용되고 있다. 'Sector'란 콜리메이터(Collimator)와의 정렬을 위해 방사선원을 이동시킨 다음, Beam on 및 Beam off를 위한 조건 중 한 가지를 충족하는 데 사용되는 장치로, 방사선 선원을 8개의 구역으로 나누어 독립적인 Collimator 선택과 선원의 개폐를 가능하게 함으로써 목적한 병소 주위에 방사선 민감 조직이 있는 경우 수술 목적에 부합하는 선량을 효율적으로 전달할 수 있다(Lindquist 1995; Park 2000).

Meningioma, Arteriovenous malfornation, Trigeminal neuralgia 등의 다양한 질환들이 감마나이프를 통해 수술이 이루어지고 있으며, 이중 '삼차신경통'은 일차적으로 '내과적 수술법'인 약물요법을 시행하지만, 약물에 의한 부작용이 일어나거나 약물에 반응하지 않는 '불응성 삼차신경통' 또는 증상이 재발하는 경우에는 '외과적 수술법'을 시행하고 있다. '외과적 수술법'에는 미세혈관 감압술, 신경근 절제술, 리세롤 또는 고주파를 이용한 경피적 신경 파괴술, 경피적 풍선 압박술 등이 시행되고 있다(Yoon 2006; Jeon 2007; Kang 2011; Choi 2014). 하지만 삼차신경통 환자 중 많은 수가 고령이라는 점과 동반된 내과적 질환으로 수술을 시행할 수 없는 경우, 그리고 수술에 따른 합병증의 발생위험을 고려해 보았을 때(Kim 2000; Ko 2009) 이를 대체 할 수 있는 수술방법으로 '감마나이프 정위 방사선 수술'을 시행하고 있다(Yoon 1995). 특히 삼차신경통의 감마나이프 정위 방사선 수술에서 삼차신경 절 병소에 인접해 있는 방사선 민감 조직인 '뇌간(Brain stem)'에 일정 이상의 선량이 조사된다면 안면 무감각증 및 기타 질환들이 유발할 수 있기 때문에 Brain stem에 도달하는 선량을 최소해야 할 필요가 있다(Hyong 2006).

이에 본 연구에서는 감마나이프를 통한 삼차신경통 수술 시 가장 중요하게 고려되는 'Brain stem'에 선량을 감소시키기 위한 Sector block의 사용유무 및 설정에 따른 유용성을 평가해보고자 한다.

대상 및 방법

감마나이프 수술계획에서는 Leksell Gamma Plan 11. 1.0 (Elekta Instrument AB, Sweden)을 사용하였다. 수술계획은 삼차신경통 환자 5명을 대상으로 하였으며, MPRAGE T1, CISS기법으로 획득한 자기공명영상을 이용하였다.

수술의 중심점은 Brain stem에서부터 삼차신경을 따라 7.5 mm 떨어진 지점으로 지정하였고, 4 mm 조사야, 처방선량 90 Gy, 처방등선량 100%를 설정하였다.

목적한 병소 주위 주요장기의 중요도를 고려하여 삼차신경통 수술 시 가장 고려해야 할 Brain stem에는 12 Gy 이하가 전달되도록 설계하였다.

Fig. 1. Leksell Gamma Knife ICON (Elekta Instrument AB, Sweden).

Sector block이 필요하지 않은 환자 1명(Block 미사용 시 Brain stem dose 12 Gy 이상인 Volume 없음, Case 1)과 Sector block을 사용한 환자 4명(Block 미사용 시 Brain stem dose 12 Gy 이상인 Volume 있음, Case 2~5)으로 총 5명의 수술계획을 선량 분포 변화 관찰과 함께 수립하였으며, 이때 Sector block의 사용 시 유용성을 평가하고자 위 환자 4명(case 2~5)을 대상으로 Sector block을 사용하지 않은 수술계획과 사용한 수술계획을 비교하여 12 Gy 이상 전달되는 Brain stem의 volume과 그에 따른 Treatment time을 확인해 보았다.

결 과

본 연구에서 계획한 삼차신경통 환자 5명의 Sector block 사용에 따른 Brain stem volume & Treatment time을 확인하였다.

Table 1은 Sector block을 사용하지 않고 감마나이프 수술을 시행하는 삼차신경통 환자의 일반적인 경우로써 Brain stem volume에 12 Gy 이상 도달하는 영역은 없었으며, 수술시간은 40.3 min이 소요되었다.

Table 2의 Brain stem과 삼차신경 절이 근접한 환자의 경우 Sector block을 사용하지 않았을 때 Brain stem volume ($\geq$12 Gy)이 14, 21, 20, 13 (mm^3), Sector block을 1개 사용할

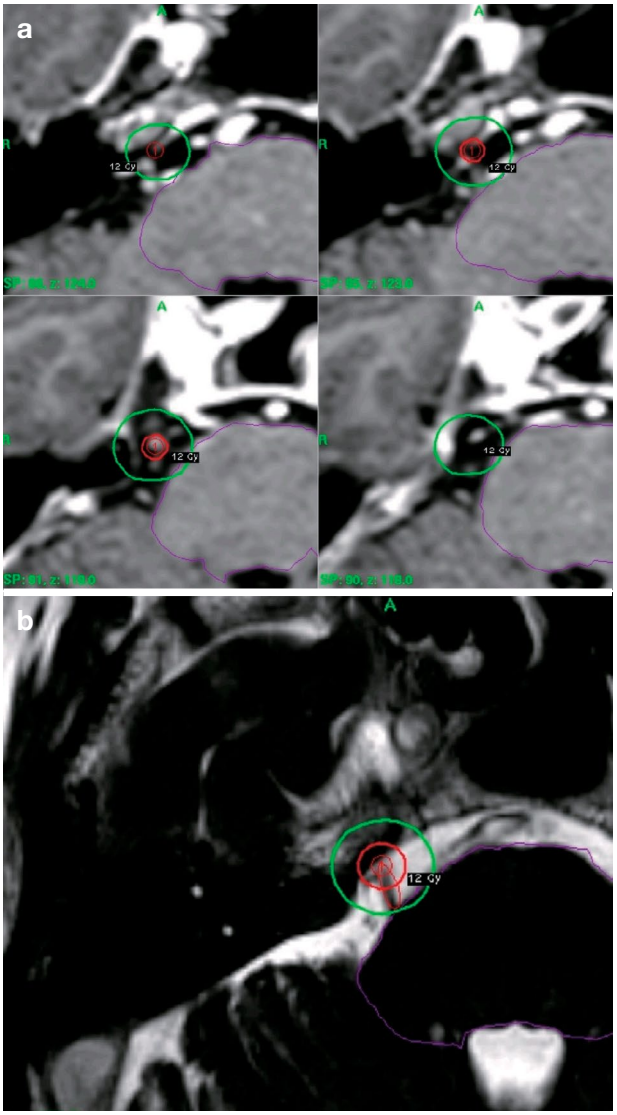

Fig. 2. (a) Magnetic resonance images with used MPRAGE T1, CISS techniques. (b) Magnific resonance images with used CISS techniqes.

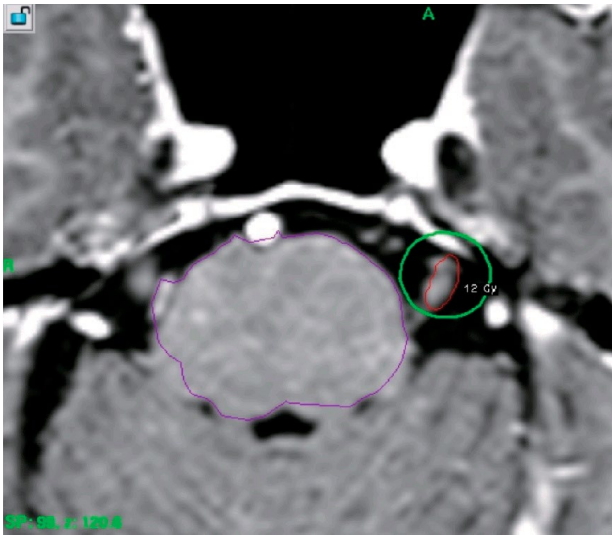

Fig. 3. Center point of the surgery was designated as a point 7.5 mm away from the Brain stem.

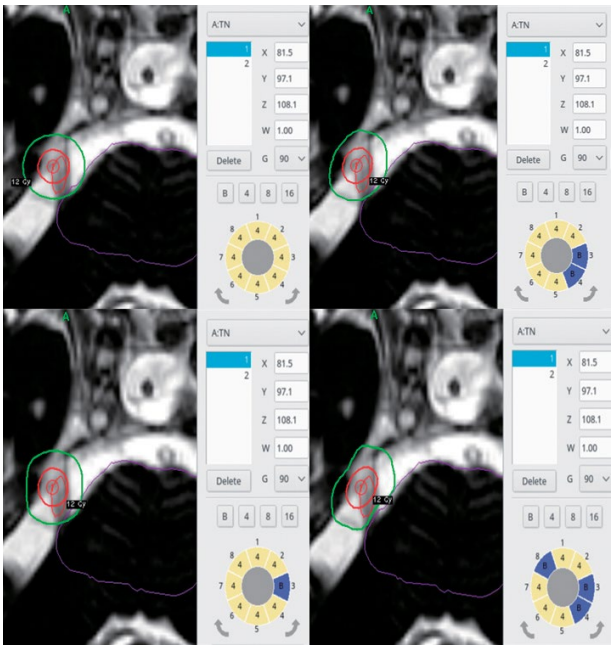

Fig. 4. Dose distribution with number of Sector blocks.

경우 8, 10, 16, 5 (mm^3), Sector block을 2개 사용할 경우 0, 9, 3, 0 (mm^3)이었으며, Case 3 & Case 4의 경우 Sector block을 3개 사용하였을 때 Brain stem volume (≥12 Gy)이 0 mm^3이 되는 것을 확인할 수 있었다. 위와 마찬가지로 Treatment time 경우 Sector block을 사용하지 않았을 때 Treatment time이 38.7, 38.3, 38.7, 38.4 (min), Sector block을 1개 사용할 경우 43.6, 43.0, 43.7, 43.0 (min), Sector block을 2개 사용할 경우 52.1, 51.1, 50.3, 51.1 (min)으로 나타났으며, Case 3 & Case 4의 경우 Sector block 3개 사용 시 Treatment time은 각각 60.9, 61.2 (min)으로 확인할 수 있었다.

Table 3은 Brain stem과 삼차신경 절이 근접해 있는 경우인 Sector block 사용 환자 4명(Case 2~5)의 결과를 종합하여 평균적으로 나타낸 것으로써 Sector block을 사용하지 않을 시 Brain stem volume 17 mm^3에 12 Gy, 38.5 min의 소요되었으며, Sector block 2개 사용 시 3 mm^3에 12 Gy선량, 51.15 min이 소요되었다. Sector block 3개 사용 시 도달하는 선량은 없었으며 61.05 min의 수술시간이 소요되었다.

Table 3을 바탕으로 Fig. 6는 Sector block을 사용하지 않았을 때의 기준으로 하여 Brain stem volume ≥12 Gy (mm^3)가 변화되는 비율을 나타낸 것으로, Brain stem volume이 42.65, 82.35, 100 (%)의 비율로 감소하였고, 그에 반해 Treatment time (min)은 12.46, 32.76, 58.45 (%)의 비율로 증가하였다.

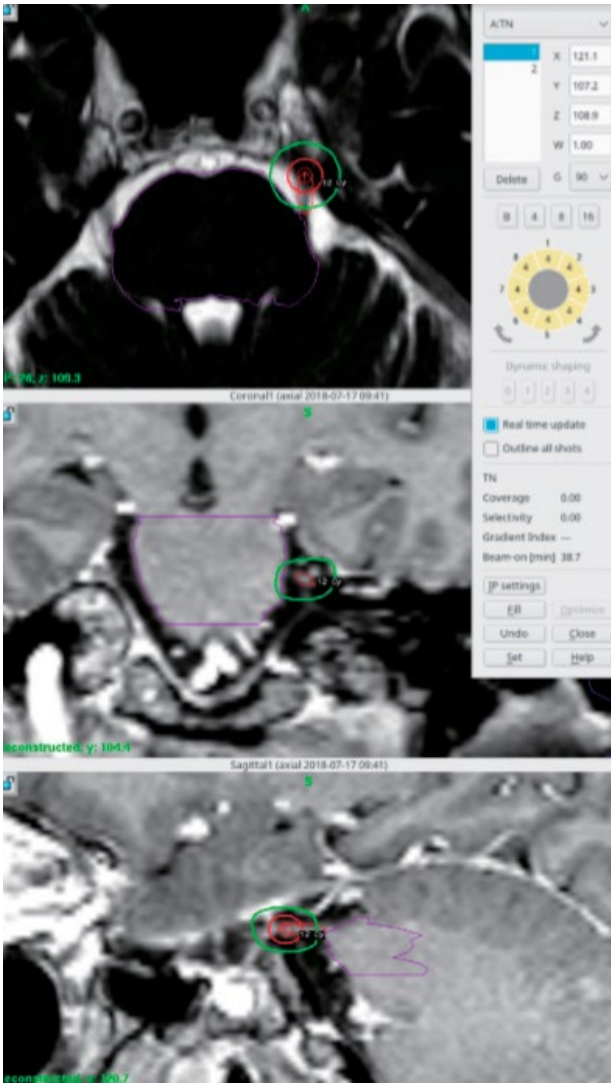

Fig. 5. Set up Sector block for the Gamma knife surgery.

Table 1. Volume & Treatment time of Brain stem with Non-Sector block (Case 1)

Number of block	Brain stem volume ≥12 Gy (mm^3)	Treatment time (min)
0	0	40.3

Table 2. Volume & Treatment time of Brain stem with Sector block (Case 2~5)

Case	Number of block	Brain stem volume ≥12 Gy (mm^3)	Treatment time (min)
2	0	14	38.7
	1	8	43.6
	2	0	52.1
3	0	21	38.3
	1	10	43.0
	2	9	51.1
	3	0	60.9
4	0	20	38.7
	1	16	43.7
	2	3	50.3
	3	0	61.2
5	0	13	38.4
	1	5	43.0
	2	0	51.1

Table 3. Average of Case 2~5 Volume & Treatment time of Brain stem with Sector block

Number of block	Brain stem volume ≥12 Gy (mm^3)	Treatment time (min)
0	17	38.53
1	9.75	43.33
2	3	51.15
3	0	61.05

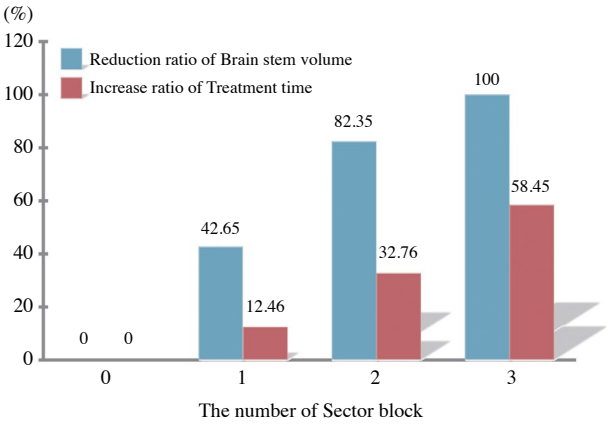

Fig. 6. The ratio of Brain stem volume reduction and treatment time increase compared with Non-Sector block.

고 찰

현재 방사선을 이용한 삼차신경통 치료는 1회의 고선량을 조사함에 따라 주변 정상장기에 대한 피폭 위험도 또한 동반하기 때문에 높은 정확성을 필요로 한다. 특히 두경부 인접부위에는 수정체와 뇌간 등 많은 결정 장기들이 밀집해 있기 때문에 직선성이 높은 감마 나이프 치료를 통해 정상 장기피폭 위험성의 가능성을 최소화해야 한다. 치료기관에서는 목적 외 주변장기의 장해를 방지하기 위하여 허용선량치를 정립하여 준수하고 있으며 위험장기에 해당하는 Brain stem의 경우 일반적으로 12~15 Gy를 적용하고 있고 본 연구에서는 서울아산병원에서 권고중인 12 Gy를 허용선량으로 적용하였다. 선량제어는 필요 이상의 선원차폐를 통해 이루어지고 있으며 개폐방식으로는 현재 Sector block을 적용한 감마나이프 수술인 'Icon Model'을 사용하고 있다. 기존 선원의 개폐를 개별적으로 조작한 'C-type Model'과 비

교해보면 'Icon Model'의 경우 선원의 제어시간은 감소된 반면 필요 이상의 선원제어로 인한 선량률의 감소를 보상하기 위해 치료시간이 증가된다는 단점이 있으며 이러한 시간적인 부분과 선량제어의 정확성 부분을 함께 고려한 양 Type의 비교 연구가 필요하다 생각된다. 결과적으로 Sector block의 사용은 목적한 병소 주변의 주요장기 중요도와 Treatment time에 대한 환자의 협조상태를 적절하게 조절한다면 삼차신경통 환자 치료 시 불필요한 Brain stem volume을 감소시킬 수 있어 감마나이프 수술에 유용하다는 점을 확인할 수 있었으나 환자의 Case가 적다는 점에서 표본의 추가가 필요하며 이와 함께 삼차신경통 이외의 두경부 질환에서도 Sector block의 유용성에 관한 연구가 필요하다 사료된다.

결 론

일반적으로 삼차신경통 수술 시 모든 Case에서 Sector block이 필요한 것은 아니다. 하지만 Brain stem과 삼차신경절이 근접해 있다면 Brain stem에 허용선량인 12 Gy 이상이 조사되는 Volume이 존재하는 경우가 발생한다. 이를 방지하기 위해 Sector block을 사용하여 Brain stem에 허용선량 이하가 조사되도록 할 수 있으며 Sector block을 사용하지 않는 경우 주변 주요장기인 Brain stem에 중대한 영향을 미칠 수 있어 Treatment time 증가 및 주변 Normal brain에 대해 불규칙한 Dose fall off의 분포를 보이더라도 Sector block을 사용하여 주요장기인 Brain stem에 조사되는 선량을 감소시킬 필요가 있다.

참 고 문 헌

Choi ER. 2014. Pathogenesis and treatment of trigeminal neuralgia. Seoul National University School of Dentistry, Master's thesis, pp. 44.

Jeon SR, Lee DJ, Kim JH, Kim CJ, Kwon Y, Lee JK and Kwun BD. 2000. Outcome of Gamma Knife radiosurgery for trigeminal neuralgia. *J. Korean Neurosurg. Soc.* **29**(9):1228-1232.

Jeon YM, Tae IH, Choi JH, Ahn HJ, Shim WH and Kwon JS. 2007. Clinical considerations of trigeminal neuralgia. *J. Oral Med. Pain.* **32**(4):449-453.

Kang BS. 2011. Treatment and Effect of Trigeminal Neuralgia. Chonnam National University, Master's thesis, pp. 26.

Kim SH, Lim YJ, Lim I, Lee BA, Ko JS, Kim TS and Kim GG. 2000. The role of Gamma Knife radiosurgery for essential and secondary trigeminal neuralgia vs microsurgery. *J. Korean Neurosurg. Soc.* **29**(5): 650-658.

Ko UJ, Kim KY, Heo YK and Chio JK. 2009. A study on clinical features and pharmacologic treatment outcomes of patients with trigeminal neuralgia. *J. Oral Med. Pain.* **34**(2): 207-216.

Korea Society of Medical of Technique for Radiosurgery. 2016. Radiation Therapeutics 4st edition, Chung-ku Publishing co, pp. 364-368.

Lindquist C. 1995. Gamma knife radiosurgery. *Semin. Radiat. Oncol.* **5**(3):197-202.

Park JH, Bae CW, Jeon SR, Rhim SC, Kim CJ and Roh SW. 2011. Clinical and radiological outcomes of unilateral facetectomy and interbody fusion using expandable cages for lumbosacral foraminal stenosis. *J. Korean Neurosurg. Soc.* **48**(6):496-500.

Yoon HG. 2006. Linear accelerator radiosurgery for trigeminal neuralgia: Case report. *J. Korean Soc. Ther. Radiol. Oncol.* **24**(2):144-148.

Yoon HG and Lee HG. 1995. Stereotactic target point verification in actual treatment position of radiosurgery. *J. Korean Soc. Ther. Radiol.* **13**(4):403-409.

Received: 7 October 2018
Revised: 17 November 2018
Revision accepted: 9 December 2018