

## 전신 정위 방사선 치료시의 적정 조사면 크기

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 방사선종양학과  
건양대학교병원 치료방사선과\*

이병용 · 민철기\* · 정원규\* · 최은경

전신 정위 방사선 시술 시 적정 치료 조사면에 대한 연구를 실시하였다. 치료표적 직경이 1cm에서 7cm 까지 1cm 간격인 경우에 다양한 크기의 치료 조사면 크기에서 만들어낸 선량 분포를 분석하였다. 치료 조사면은 표적 크기에서 -1cm~2cm를 각각 더한 크기로 하였다. 치료 계획의 성적은 TCI(Target Conformity Index)로 표현하였다. 모든 표적 크기에서 -0.5cm~0.5cm를 더한 치료 조사면에서 가장 높은 TCI를 보였다. 6cm 이상의 표적 크기에서는 -0.5cm 또는 0cm를 더한 조사면에서 우수한 성적을 보였으며, 표적 크기 2cm 이하에서는 0cm 또는 0.5cm를 더한 조사면이 좋은 결과를 보였다. 표적 크기와 관계없이 동중심점 선량의 80%~90%에 처방하는 것이 가장 효율적으로 나타났다.

**중심단어 :** 전신 정위 방사선 치료, Conformity Index, TCI, Margin

### 서 론

종래의 정위 방사선 수술은 뇌정위 방사선 수술을 의미했으나, 전신 정위 방사선 치료 기술이 유용한 치료 방법으로 알려지면서 이에 관한 관심이 높아지고 있다. 체부의 방사선 수술은 치료 위치 잡이의 재현성 문제, 지속적으로 움직이는 장기의 움직임에 관한 문제들로 인해 임상 응용의 어려움이 있었다. 이 문제를 극복하는 방법으로서의 전신 정위 방사선 치료를 1994년 Lax<sup>1,2)</sup> 등이 처음 소개한 이래 세계적으로 시행하는 기관이 늘고 있다<sup>3-5)</sup>. 국내에서도 서울중앙병원에서 1997년 처음 시행한 이래<sup>6,7)</sup> 이에 관한 연구 및 임상 보고 사례가 늘어가고 있다. 이와 유사한 개념의 분할 정위 방사선 치료(Fractionated Stereotactic Radiotherapy, FSRT) 등도 함께 소개되면서<sup>8,9)</sup> 이 분야에 관한 국내외의 관심이 높아지고 있다. 전용의 Collimator Cone을 사용하는 FSRT와는 달리, 전신정위 방사선 수술은 일반적인 Collimator System과 Multi-leaf Collimator (MLC)를 사용하므로, 치료 표적에 대한 적절한 Margin을 결정할 수 있는 지침이 필요하다. 방사선 수술은 선량의 집중도를 높이는 것이 중요한 관심 사항으로, 치료 조사면의 크기를 크게 할수록 표적 내의 선량 균

일도는 증가하나 표적 밖의 선량이 증가하게 된다. 치료 조사면이 작아지면 처방 선량이 동중심점에 대해서 낮은 백분율 값을 선택하게 되는 관계로 표적 밖의 선량을 예측하기 힘들게 된다. 선량 분포를 보고 조사면 크기를 조정하는 방법은 여러 번의 치료 계획을 반복해야 하는 관계로 시간이 많이 소요될 뿐 아니라, 처방 등 선량 곡선을 선택하는데 있어서 주관적인 결정을 하게 될 가능성이 높다. Cardinale<sup>10)</sup> 등이 적절한 치료 조사면 결정에 관한 연구를 한 바 있으나, 두 사례만을 분석한 보고일 뿐이며, 일반적이고 다양한 경우에 적용할 수 있는 연구에 이르지 못하였다. 적절한 Margin 모델을 제시하기 위하여 여러 경우의 치료 계획을 시행하고 이 계획들에 관한 성적을 비교하여야 하지만 치료 성적 비교 방법 또한 표준적으로 이용할 수 없는 형편이다. 본 연구에서는 방사선 치료 계획에 적합한 치료 계획 비교 방법을 소개하고, 이 인자를 이용하여 표적 Margin에 따르는 치료 성적을 비교함으로써 정위 방사선 수술에서 최적의 Margin을 갖는 치료 조사면 크기를 결정할 수 있는 방법을 찾아내고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 1. 치료 계획 비교

치료계획의 비교는 TCI(Target Coverage Index 혹은 Target Conformity Index)를 개발하여 사용하였다.

이 논문은 2002년 1월 23일 접수하여 2002년 3월 4일 채택되었음  
본 연구는 보건복지부 선도기술·의료공학기술개발사업(HMP-98-G-1-016) 연구비 지원에 의해 수행되었음.

이비용 외 3인: 전신 정위 방사선 치료시의 적정 조사면 크기

TCI는 Knöös<sup>11)</sup>가 소개한 RCI (Radiation Conformity Index)를 본 연구의 목적에 맞게 변형하여 이용하였다.  $V_{target}$ 은 표적의 체적이고,  $V_{iso}$ 는 해당 등선량곡선이 만드는 체적이다[Fig. 1]. 이때 TCI는

$$TCI = \frac{V_{target} \cap V_{iso}}{V_{target} \cup V_{iso}}, 0 \leq TCI \leq 1. \quad (1)$$

로 표현할 수 있다.

지금까지 사용하고 있는 Conformity Index (CI)는 표적의 일부가 처방 선량 분포 곡선 밖으로 빠져나가더라도 CI에는 고려되지 않는 단점이 있었다. 즉, PITV(the ratio of the Prescription Isodose to the Target Volume)의 경우 Fig. 1의 두 그림을 동일한 CI 값을 갖는 치료 계획으로 평가하게 되는 단점이 있다. 그러나 TCI는 이런 문제를 극복할 수 있는 장점이 있어 이 방법을 본 연구에 사용하였다.

## 2. 대상

폐 부위의 정위 방사선수술에 대한 치료 계획을 비교하였다. 표적의 크기는 1cm 및 2cm, 3cm, 4cm, 5cm, 6cm, 7cm로 정하였으며, 각각의 표적에 대하여 치료 조사면의 크기는 표적에서 -1cm 및 -0.5cm, 0cm, 0.5

cm, 1cm, 1.5cm, 2cm의 여유를 두어 정하였다. 방사선의 방향은 갠트리 0°로부터 등간격으로 동측 7 방향을 조사하였다. 치료계획 장비로는 3차원 선량계산이 가능한 Render Plan(Elekta, Sweden)을 사용하였고, DVH (Dose-Volume Histogram)을 계산하여 TCI 분석에 이용하였다. 선량계산은 0.3cm 격자 크기로 시행하였다.

## 결과 및 논의

최적의 등선량 곡선 선택은 방사선 치료에서 매우 중요하지만 특히 방사선 수술에서는 그 중요성이 간과되기도 한다. 대부분의 임상에서 육안에 의존하여 처방 선량 곡선을 결정하지만 표적의 경계 부분에서 선량 분포 변화가 급격하기 때문에 1~2mm 정도 범위 내에서는 정상 조직이 불필요하게 더 포함되거나 혹은 표적이 덜 포함되는 것을 발견해내기 어렵다. 따라서 이런 경우 동일한 치료 계획에 대해서도 처방 선량이 예를 들어 90%가 될 수도 있고, 80%가 될 수도 있게 된다. 이 두 경우 선량 최대 지점에서는 쉽게 10% 이상의 선량 차이가 나게 된다. 이는 여러 병원간의 비교는 물론이고, 동일한 기관에서 시행한 치료간의 비교조차 정량적으로 시행하는 것을 어렵게 만드는 요인이 된다. 실제 임상 보고의 예를 보면 Blomgren<sup>11)</sup>은 60-70%의 등선량

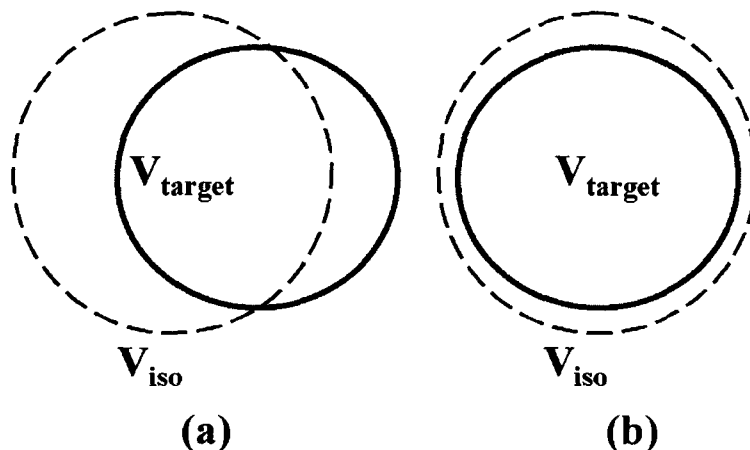


Fig. 1. Target volume and isodose coverage. (a) Target is covered properly. (b) part of the target receives underdose. Plan (a) is obviously better than plan (b). But, the CI or RCI indicates same score while the TCI not.

곡선을 치료 곡선으로 선택하고 있으며, Uematsu<sup>4)</sup>는 80%를, 안승도<sup>6)</sup> 등은 90%를 치료 선량 곡선으로 처방하고 있다. 안승도<sup>6)</sup> 등이 이미 지적한 바와 같이 이렇게 처방 선량과 등선량 곡선이 다르므로 각각의 기관에서 치료한 선량을 그대로 비교할 수 없게 된다. 더구나 치료 표적 중에서 무시할 정도로 적은 부분을 확실하게 포함하기 위하여 정상 조직에서 유의할만한 큰 체적을 치료 범위에 더 포함하게 된다면 이 또한 최적의 선택으로 볼 수 없다. 여기서 '치료 표적 중 무시할 정도로 적은 부분'과 '정상 조직 중 유의할 만큼 큰 체적'이라는 개념이 확실하게 정량적으로 기준이 있는 것이 아니고, 임상에서 주관적으로 판단하고 있기 때문에 이에 관한 정량적인 지침 마련이 필요하다 하겠다. Fig. 2는 표적크기 2cm, 조사면 크기 2.5cm인 치료계획을 보여주고 있다. 85% 선량이 표적을 잘 덮고 있으며 표적 밖에서 선량이 급격히 감소하는 것을 알 수 있다. Fig.

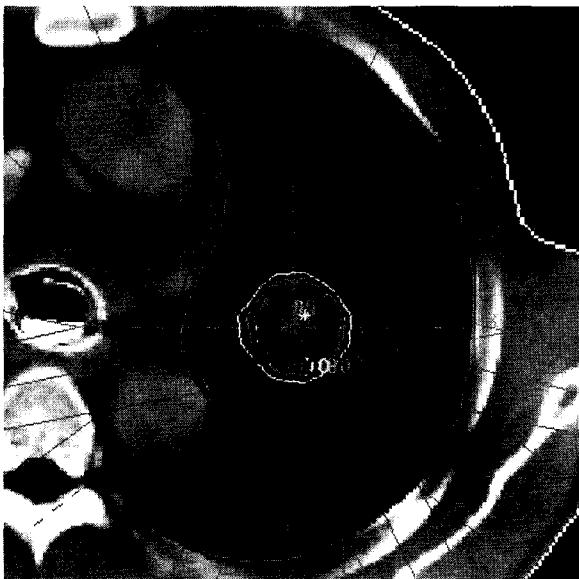


Fig. 1. Treatment planning for 2cm of target size and 2.5cm of field size.

3은 표적 크기 3cm인 경우에 다양한 치료 조사면 크기에 대한 치료 계획 성적, 즉, TCI를 보여주고 있다. 표적 크기와 같은 조사면 크기에서 최대 TCI를 나타내고 있다. 조사면 크기가 표적 크기와 같을 경우 동중심점의 선량에 대해 80%일 경우에 TCI가 0.87로 나타났으며, 0.5cm 여유를 둔 경우는 85% 등선량 지점에 처방할 때 TCI가 0.77로 나타났다. Fig. 4는 표적 크기 1cm인 경우에 다양한 치료 조사면 크기에 대한 TCI를 보여주고 있다. 표적 크기에서 0.5cm 여유를 준 조사면 크기에서 최대 TCI를 나타내고 있다. 0.5cm 여유를 준 경우 동중심점의 선량에 대해 80%일 경우에 TCI가 0.88로 나타났으며, 여유를 주지 않은 경우 55% 등선량 지점에 처방할 때 TCI가 0.74로 나타났다. Table 1은 각 표적 크기에 대해서 최적의 치료 조사면 크기와 그때의 처방 등선량 지점을 보여주고 있다.

일반적으로 치료 계획의 비교는 선량 분포 비교, 선량 체적 막대 그래프(Dose Volume Histogram, DVH), 정상조직 부작용 확률(Normal Tissue Complication Probability, NTCP) 혹은 종양 제어 확률(Tumor Control Probability, TCP) 등 여러 방법으로 시행하지만, 각각의 장단점이 있어서 상황에 따라 필요한 방법을 사용하고 있다. 특히 방사선 수술에는 위의 방법들이 유용하지 않아서 CI를 사용하도 한다<sup>11-14)</sup>. 방사선 수술의 경우 표적 밖의 선량 분포가 급격히 줄어들므로, 처방 등선량 곡선이 어떻게 표적을 이상적으로 감싸는가를 나타내는 척도가 곧 치료 계획의 우수성을 보여주는 성적으로 환산할 수가 있다. CI가 이상적인 치료계획의 경우 일반적으로 주변의 정상 조직의 선량도 극소화 되어 있다고 생각할 수 있게 된다. CI는 RCI<sup>11)</sup>, MDPD (Ratio of the Maximum Dose to Prescribed Dose), PITV(Ratio of the Prescription Isodose Volume(PI) to the Target Volume(TV))<sup>14)</sup> 등 다양한 정의에 따르는 다양한 방법이 소개되고 있다. 그러나 이런 방법들은

Table 1. The Optimum Field size Margin and the prescription dose for various target size.

Target size in diameter	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm	6cm	7cm
Optimum Field size Margin(cm)	+0.5	+0.5	0	0	0	0	0
Optimum Prescription Isodose(%)	80	90	80	80	80	85	85
TCI	0.88	0.82	0.87	0.89	0.84	0.88	0.83

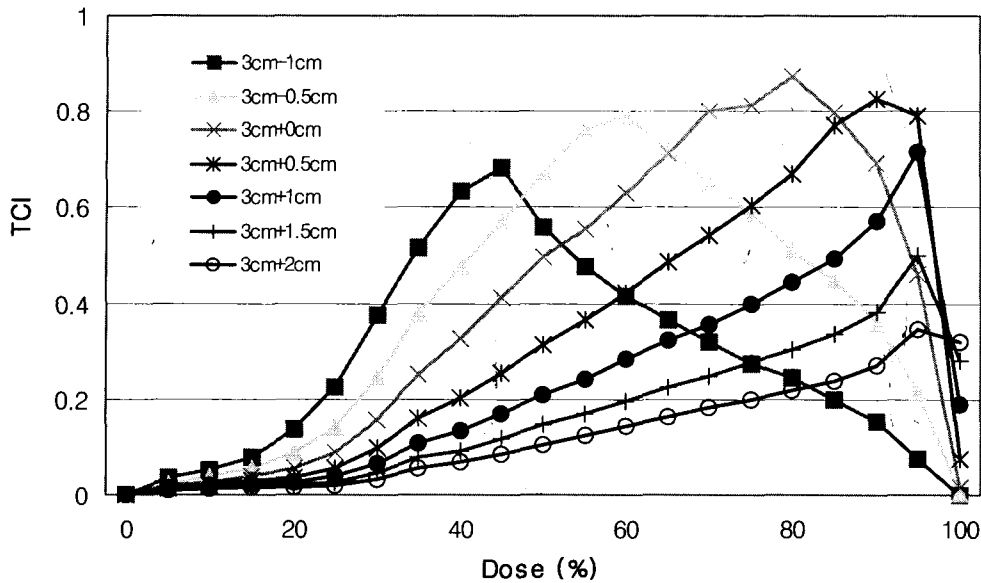


Fig. 2. TCI's of the 3cm target for various Margins.

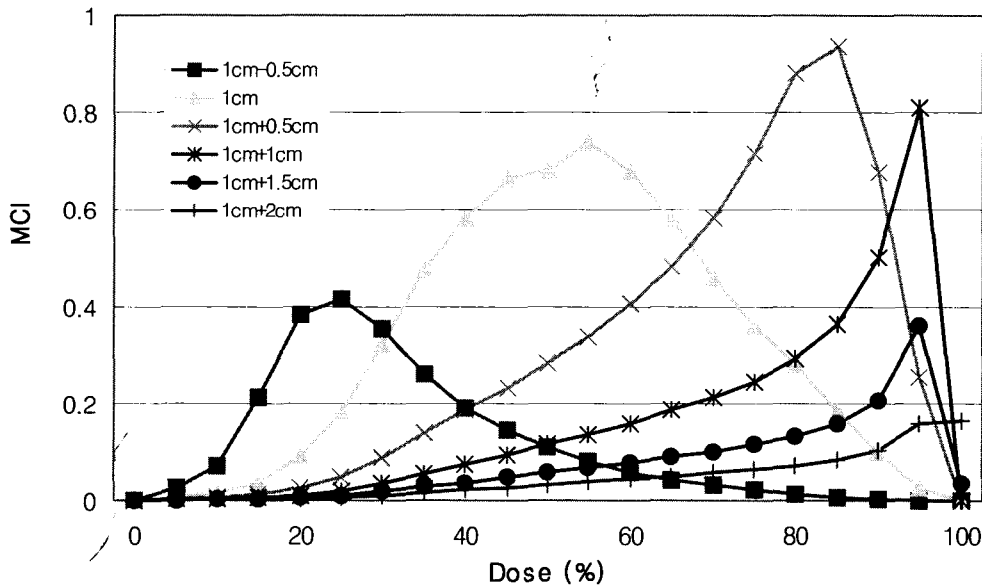


Fig. 4. TCI's of the 1cm target for various Margins.

CI의 이상적인 값을 1로 상정해 놓고 있으나, 바람직하지 못한 치료 계획의 CI가 무한대로 확장하게 되어 CI로부터 직관적으로 치료 성적을 유추하는데 불편함이 따른다. 이 문제를 RCI가 해결하고 있으나, RCI 역시 다른 CI 정의와 마찬가지로 낮은 선량을 갖는 표적 부위가 있어도 치료 성적에 이를 반영하지 못하는 단점이 있다. 그러나 본 연구에서 사용한 TCI는 이런 문제를 모두 해결하고 있어서 실용적으로 사용할 수 있는 검증

력 있는 CI로 볼 수 있다.

방사선 수술에서 처방 등선량 곡선을 구하는 것은 엄밀하고 객관적인 판단에 의존하기보다는 전통적인 방법인 선량 분포를 이용하여 육안에 의한 판단 방법을 사용하여 왔다. 그러다 보니 최적의 등선량 분포를 선택하는 것이 기관마다, 보고자마다 달라질 수밖에 없었다. Cardinale<sup>10)</sup> 등의 연구는 본 연구와 동일한 치료 조사면 Margin에 관한 연구로서 특수한 두 경우에 한정지

어 시행하였다. 폐와 간 부위에 대한 연구를 수행하면서 7 혹은 10 방향의 치료 조사면을 사용함으로 본 연구 방법과 비슷한 조건에서 수행하였다. 이 연구에서 사용한 대상의 표적은 5cm가 넘는 큰 표적이었으며, 표적에 Margin을 설정하지 않는 것이 가장 좋다는 결론을 제시하여 본 연구 결과와 동일한 결론을 내리고 있다.

본 연구에서는 다양한 크기의 표적에 대한 연구를 수행하여 표적의 크기에 따라 Margin을 다르게 설정하여야 한다는 것을 보여 주었다.

### 결 론

표적 크기 1~2cm를 제외한 모든 표적 크기에서 표적 크기와 동일한 치료 조사면이 적절한 치료면 크기임을 알 수 있었다. 이때 동중심점 선량에 대해 80~90% 등선량 지점에 처방하는 것이 가장 TCI를 높이는 방법으로 나타났다. 표적 크기 2cm 이하에서는 표적 크기에 0.5cm를 더한 조사면 크기가 가장 적절한 치료면 크기로 나타났다. 이 경우에도 85~90% 등선량 지점이 가장 우수한 결과를 보여주었다.

### 참 고 문 헌

1. Lax I., Blomgren H., Naslund I., Svanstrom R.: Stereotactic radiotherapy of malignancies of the abdomen. *Acta Oncol*, 6:677-683 (1994)
2. Blomgren H., Lax I., Naslund I., Svanstrom R.: Stereotactic high dose fraction radiation therapy of extracranial tumors using an accelerator. *Acta Oncol*, 6:861-870 (1995)
3. Blomgren H., Lax I., Goranson H.: Radiosurgery for tumors in the body: Clinical experience using a new method. *J. Radiosurg.* 1:63-64 (1998)
4. Uematsu M., Shioda A., Tahara K., Fukuki T., Yamamoto F., Tsumatori G., Ozeki Y.L.: High dose and fractionated modified stereotactic radiation

therapy for lung carcinoma patients: A preliminary experience. *Cancer* 82:1062-1070 (1998)

5. Wulf J., Hadinger U., Oppitz U., Thiele W.: Ness-Dourdoumas R, Flentje M. Stereotactic radiotherapy of targets in the lung and liver. *Strahlenther. Onkol.* 177(12):645-55 (2001)
6. 안승도, 이병용, 최은경, 김종훈, 노영주, 신경환, 김정주, 정원균, 장혜숙, 정위 체부 고정틀을 이용한 체부 방사선 수술의 예비적 결과, *대한방사선종양학회지*, 18(4):251-256 (2000)
7. Seung Do Ahn, Eun Kyung Choi, Byong Yong Yi, Won Kyun Chung, Hyesook Chang: Preliminary Results of Stereotactic Body Frame. *International Symposium of Future development on Radiation Oncology*. 1999, Yokohama, pp. 11:17-19
8. Choi D.R., Kim D.Y., Ahn Y.C., Huh S.J., Yeo I.H., Lim D.H., Lee J.I., Park K., Kim M.K.: Quantitative analysis of errors in fractionated stereotactic radiotherapy. *Med. Dosim.* 26(4): 315-8 (2001)
9. Ahn Y.C., Lee K.C., Kim D.Y., Huh S.J., Yeo I. H., Lim D.H., Kim M.K., Shin K. H., Park S., Chang S.H.: Fractionated stereotactic radiation therapy for extracranial head and neck tumors. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 48(2):501-5 (2000)
10. Cardinale R., Wu Q., Benedict S., Kavanagh B., Bump E., Mohan R.: Determining the optimal block Margin on the planning target volume for extracranial stereotactic radio -therapy. *Int. J. Radiat Oncol Biol. Phys.* 45(2):515-20 (1999)
11. Knöös T., Kristensen I., Nilsson P.: Volumetric and dosimetric evaluation of radiation treatment plans : Radiation conformity index. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 42(5):1169-1176(1998)
12. Leung L.H., Chua D.T., Wu P.M.: A new tool for dose conformity evaluation of radiosurgery treatment plans. *Int. J. Radiat Oncol Biol Phys.* 45(1):233-41 (1999)
13. Shaw E., et al.: Radiation Therapy Oncology Group: radiosurgery quality assurance guidelines. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 27:1231-239 (1993)

## Optimum Field Size for the Whole Body Stereotactic Radiosurgery

Byong Yong Yi, Chul-Gi Min\*, Won Kyuu Chung\*, Eun Kyung Choi

*Dept. of Radiation Oncology, Asan Medical Center,  
College of Medicine University of Ulsan, Seoul, Korea  
\*Dept. of Radiation Oncology, Konyang Univ. Hospital  
Taejon, Korea*

Optimum field size for the whole body stereotactic radiosurgery was studied. Dose distributions from the various sizes of targets (diameter 1cm to 7cm, 1cm interval) were used for this study. Planing scores, expressed as the Target Coverage Index (TCI), were calculated for various target Margin ranged 0cm to 0.5cm. Highest scores were obtained for no Margin to the target size. The target Margin -0.5cm to 0cm to the target showed best TCI the cases of the target size larger than 6cm diameter. No Margin or 0.5cm Margin generated best TCI for less than 2cm cases. Prescription to 80~90% gives best results.

**Keyword :** Whole Body Stereotactic Radiosurgery, Conformity Index, TCI, Margin