

The Effect of Dose Distribution under Treatment Techniques on Cerebrospinal Irradiation

Seungchul Lee,¹ Youngjae Kim^{2*}

¹Department of Radiation Oncology, Catholic Univ. of Korea Uijeongbu Hospital

²Department of Radiologic Technology, Daegu Health College

Received: January 03, 2016. Revised: January 20, 2016. Accepted: January 30, 2016.

ABSTRACT

This study tries to evaluate the usefulness CSI treatment. Compare the standard technique and simple technique, using the volume region of a high dose of Field joints (hot spot) or low dose regions (cold Spot). In patients who agreed to this study, obtain CT image using CT simulator skull to pelvis region. Standard Technique were performed on the movement of the joint radiation field range and simple technique has set a treatment plan to secure the radiation field range and analyzed treatment planning. Under analysis standard technique occurred the area of the high dose(Hot Spot) for the area overlapping the field and simple technique showing a uniform doses. CI indices of standard technique and simple technique was 1.6~3, 1.6~1.87, CN indices was 0.32~0.53, 0.46~0.51 and HI indices was 0.11~0.33, 0.2~0.26. Therefore, adjacent to part of the dose distribution junction more equally than simple technique compared to the Standard Technique. Compare the dose distribution patterns using CI, CN, HI indices, showed a uniform dose distribution in the simple technique. so, simple technique was determined appropriate treatment the CSI.

Keywords: CSI, Standard Technique, Simple Technique

I. INTRODUCTION

전 뇌 척수 조사(CSI, cerebrospinal irradiation)는 뇌, 척수 등의 중추신경계를 침범하는 경우가 많은 급성 림프성 백혈병 (ALL, acute lymphocytic leukemia) 치료에 중요시되는 부분이다.^[1] 이는 중추신경계통 암(CNS tumors)의 재발을 방지하는 예방적 치료로 사용되거나 재발된 경우 항암치료와 함께 치료(CCRT)하면 급성 림프구성백혈병 고위험군 환자에게서 CNS Tumor의 재발율을 50%에서 10% 이하로 낮춰 줄 수 있는 연구 결과도 보고 되고 있다.^[2]

중추신경계로의 전이나 전이 경향이 있는 뇌종양(Brain tumor)인 수모세포종(medullo blastoma), 송과체 종양(pineal tumor) 또는 배아세포종(germinoma)은 뇌척수액(CSF, cerebrospinal fluid)을 통해 전이가 이루어지르

로 전 뇌 척수 조사가 항암요법과 더불어 실행되어지고 있다.^[3,4] 이러한 종양을 치료하는데 적용되는 대표적인 방사선 치료기법으로 CSI가 있다.

방사선 치료 시에 조사야 접합부(field junction)에서 균일한 선량분포가 이루어지는 것은 전뇌-척수 치료시 가장 중요하며 이는 치료계획시 조사야 접합부의 정확한 일치율을 요구한다. 일치하지 않을 경우 고선량(hot spot) 또는 저선량(cold spot) 부분에서 방사선 후유증인 방사선 척수염이 발생되거나 재발 우려가 높아지게 된다.^[5,6]

이에 본 연구에서는 정확한 선량분포를 이룰 수 있도록 Collimator, Gantry, Couch 각도를 이용하여 Standard Technique -Gap Moving 시행과 Gap moving을 시행하지 않고 조사야 접합부의 선량분포와 조사야 접합부를 일치하는 방식의 Simple Technique 을 비교하여

각각의 2가지 빔 조사 방식시 고선량(hot spot) 또는 저선량(cold spot)이 발생하는 부위의 체적을 분석하고 이에 따른 방사선 치료의 유용성을 평가하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 실험 기기

실험기기로는 의료용 선형가속기(Artiste CT Vision, SIEMENS)를 사용하였으며 실험대상자의 모의치료영상을 획득하기 위해 CT Simulator (Siemens, Somatom Sensation Open, SIEMENS, 18 channel) 을 사용하여 5 mm의 Slice 두께를 가진 단층영상을 얻었으며 방사선 치료계획 시스템으로는 Pinnacle ver 8.0 (Philips)를 이용하였다.

2. 실험 대상

실험은 2015년 1월부터 20월까지급성 및 만성 백혈병으로 진단받고 CSI 방사선치료를 받는 환자를 대상으로 8명을 피검자로 하였으며 실험기간은 2015년 1월부터 20월까지 이들은 모두 실험의 목적과 방법에 대해 충분히 설명을 받았으며 이에 동의하지 않는 실험대상자들은 연구에서 제외하였다. 유소아의 경우 척추에서의 조사야 접합부가 발생되지 않기 때문에 10세 이하의 어린이는 대상 환자에서 제외하였다.

실험대상자들의 처방선량은 Table 1과 같이 적용 병증과 대상 연령에 따라서 두개부는 19.5~24 Gy였으며, 상부 척수(upper spinal cord)는 18~19.5 Gy, 하부 척수(low spinal cord)는 18~19.5 Gy를 처방하였다.

3. 실험 방법

3.1 Standard Technique (Gap Moving)

CT Simulator를 이용하여 환자의 Skull Vertex에서 Pelvis 까지 영상을 획득하여 영상을 토대로 치료부위를 세 부위로 나누어 각각의 방사선치료계획을 실시하였다. Skull에서 C-Spine No. 5까지 조사야를 설정하고, C-Spine No. 6에서 L-Spine No. 3번까지 두 번째 조사야를 지정하였다. 마지막으로 L-spine 및 Sacrum 부위에 대해서 세 번째 조사야를 지정하였다.

Standard Technique의 경우 Table 2, 3 과 Fig 1과 같

이 조사야 접합부에 고선량 영역이 나타날 수 있기 때문에 일주일에 1회 씩 조사야 접합부의 변화를 두었다. 따라서 5회 치료 후 첫 번째 조사야 부위와 두 번째 조사야 부위, 두 번째 조사야 부위와 세 번째 조사야 부위는 1cm 씩 위치를 변경하는 방법으로 치료 할 수 있도록 치료계획을 시행(gap moving)하였다.

3.2 Simple Technique (Without Gap Moving)

Standard Technique 방법과 동일하게 CT Simulation 영상을 획득한 후 치료계획은 Standard Technique과 다르게 조사야 접합부에서의 이동 없이 정확한 Field Margin 부분을 일치시키는 방법을 이용하였다.

조사야 접합부의 일치를 위해서 환자가 누워있는 Couch를 회전시켰으며, Gantry의 각도도 일정 부분 회전시켜 조사야 접합부를 일치시키도록 하였다. 조사야 접합부의 일치는 Upper Spine의 아랫부분과 Low Spine의 윗부분이 일치하도록 치료계획을 시행하였으며[Table 2, 3 Fig. 2], 정상조직의 위험부분(OARs, organ at risk)을 각각 설계하였다. 치료 용적은 크게 육안적치료용적(GTV, gross tumor volume), 임상적 치료용적(CTV, clinical target volume), 계획적 치료용적(PTV, planning target volume)으로 나누어지며 육안적 종양용적은 비인두 부위를 설정하였고 임상적 치료용적은 육안적 치료용적에서 1.5 cm 정도의 영역으로 정의 하였으며 계획용 치료용적은 환자의 위치잡이(set-up)의 오차, 환자의 움직임이나 장기의 움직임을 고려하여 임상적 치료용적에서 2 mm정도의 영역으로 포함하였다.

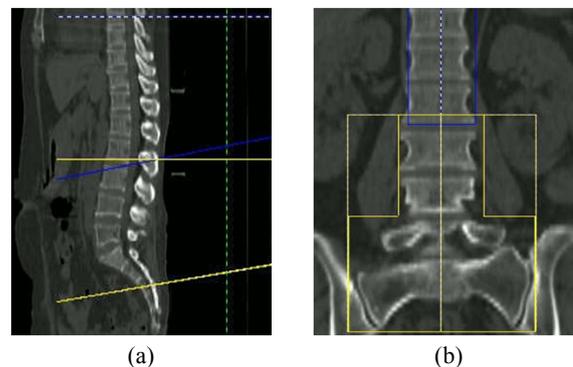


Fig. 1. Setting on radiation direction of Standard Technique image (a) and (b).

Table. 1 The Information of Patients. (AML: Acute Myeloid Leukemia, CML: Chronic Myeloid Leukemia , APL: Acute Promyelocytic Leukemia)

	Gander/Age	Diagnosis	Technique	Total Dose(Gy)		
				Brain	T-spine	L-spine
1	F/41	CML	Standard Method	24	18	18
2	M/53	AML	Standard Method	24	18	18
3	F/49	AML	Standard Method	24	18	18
4	M/29	Germiloma	Standard Method	19.5	19.5	19.5
5	F/64	APL	Simple Method	24	18	18
6	M/16	AML	Simple Method	24	18	18
7	M/53	CML	Simple Method	24	18	18
8	M/71	ALL	Simple Method	24	18	18

Table 2. Upper Spine Geometry Factor. (GA: Gantry Angle, CO: Collimator Angle, TA: Table(Couch) Angle, TD(Tumor Dose)

	Standard Technique				Simple Technique			
	GA	CO	TA	TD(Gy)	GA	CO	TA	TD(Gy)
1	180°	0°	0°	18	180°	90°	270°	18
2	180°	0°	0°	19.5	180°	90°	270°	18
3	180°	0°	0°	18	180°	90°	270°	18
4	180°	0°	0°	18	180°	90°	270°	18

Table 3. Lower Spine Geometry Factor. (GA: Gantry Angle, CO: Collimator Angle, TA: Table(Couch) Angle, TD(Tumor Dose)

	Standard Technique				Simple Technique			
	GA	CO	TA	TD(Gy)	GA	CO	TA	TD(Gy)
1	180°	0°	0°	18	170°	90°	270°	18
2	180°	0°	0°	19.5	167°	270°	270°	18
3	180°	0°	0°	18	169°	0°	270°	18
4	180°	0°	0°	18	170°	0°	270°	18

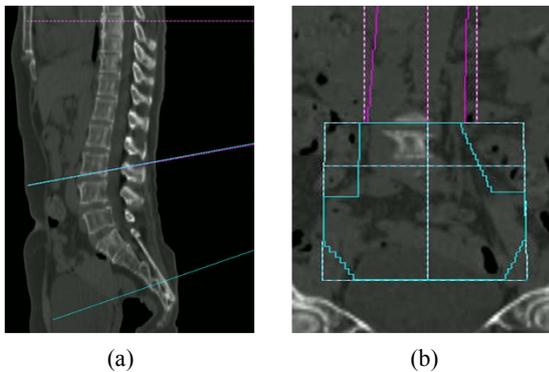


Fig. 2. Setting on radiation direction of Simple Technique image (a) and (b).

III. RESULT

1. 선량분포결과

Standard Technique과 Simple Technique의 처방 선량을 비교해 본 결과 Fig 3, 4와 같이 육안적 종양체적(GTV, gross tumor volume), Brain, Spine, Lens등의 부분에서 모두 비슷한 선량이 흡수되는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 인접 조사야 간의 선량분포를 비교하였을 시 선량의 분포가 서로 달랐으며 특히, Standard Technique의 경우는 조사야의 겹침이 예상되는 지점인 상부 척추 조사야와 하부 척추 조사야 접합부분의 이동이 발생되기 때문에 접합부분에 대한 고선량(hot spot)의 영역이 높게 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이에 반하여 Simple Technique의 경우 조사야 접합부의 이동이 발생되지 않기 때문에 선량의 분포 영역이 균등하게 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

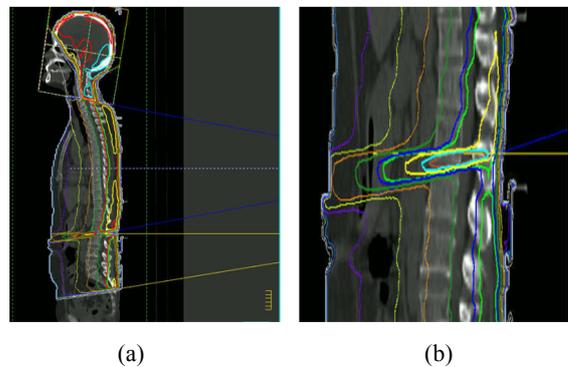


Fig 3. Standard Technique Dose Distribution.

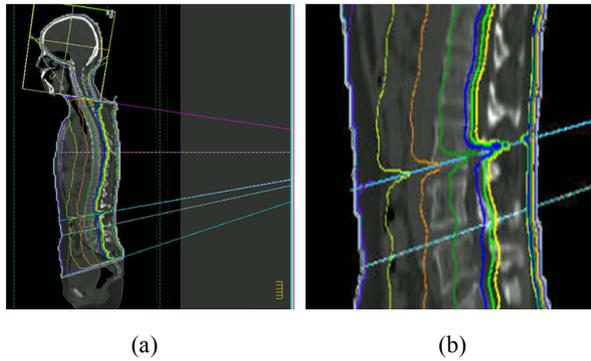


Fig. 4. Simple Technique Dose Distribution.

2. 종양 체적의 선량 균일성 및 일치성 비교

선량의 균일성을 평가하기 위해서 각 치료계획에 대한 CI (conformity index)와 CN (conformation number), HI (homogeneity index)를 비교하였다. Standard 기법과 Simple 기법의 CI 비교 결과 Standard Technique 에서의 CI 지수는 1.6~3.0의 분포를 나타냈으며, Simple Technique의 경우 1.6~1.87로 균등하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

CN 비교 결과 Table 4, 5 Fig 5에서 확인할 수 있듯이 Standard Technique은 0.32~0.53, Simple Technique에서 0.46~0.51의 분포를 나타내었다. 이를 통해 Simple Technique에서 치료용적(target volume)에 대한 선량 분포 체적(isodose volume)이 비교적 일치함을 확인할 수 있었다. HI에서는 Standard Technique이 0.11~0.33의 분포를 나타냈으며, Simple Technique에서는 0.2~0.26으로 Standard Technique에 비해 보다 균등한 선량의 분포를 나타냄을 확인할 수 있었다.

Table 4. Analysis of Conformation Number, Conformity and Homogeneity Index for Standard Technique. (CI: Conformity Index, CN: conformation Number HI: Homogeneity Index)

	TV (PTV)	TV ₉₅	V ₉₅	D ₂	D ₉₈	CI	CN	HI
1	1442	1436	4372	1283	933	3.00	0.32	0.140
2	1215	1126	1968	2565	1763	1.60	0.53	0.334
3	1563	1515	3957	2066	1842	2.53	0.37	0.110
4	1482	1309	2666	1906	1696	1.79	0.43	0.180
Avg	1446	1347	3241	1955	1559	2.23	0.41	0.191

Table 5. Analysis of Conformation Number, Conformity and Homogeneity Index for Simple Technique. (CI: Conformity Index, CN: conformation Number HI: Homogeneity Index)

	TV (PTV)	TV ₉₅	V ₉₅	D ₂	D ₉₈	CI	CN	HI
1	1375	1229	2232	2472	1979	1.60	0.49	0.200
2	1642	1496	2890	2479	1915	1.76	0.47	0.235
3	1535	1440	2881	2552	1989	1.87	0.46	0.234
4	1338	1222	2144	2490	1863	1.60	0.51	0.260
Avg	1473	1347	2537	2498	1937	1.71	0.49	0.232

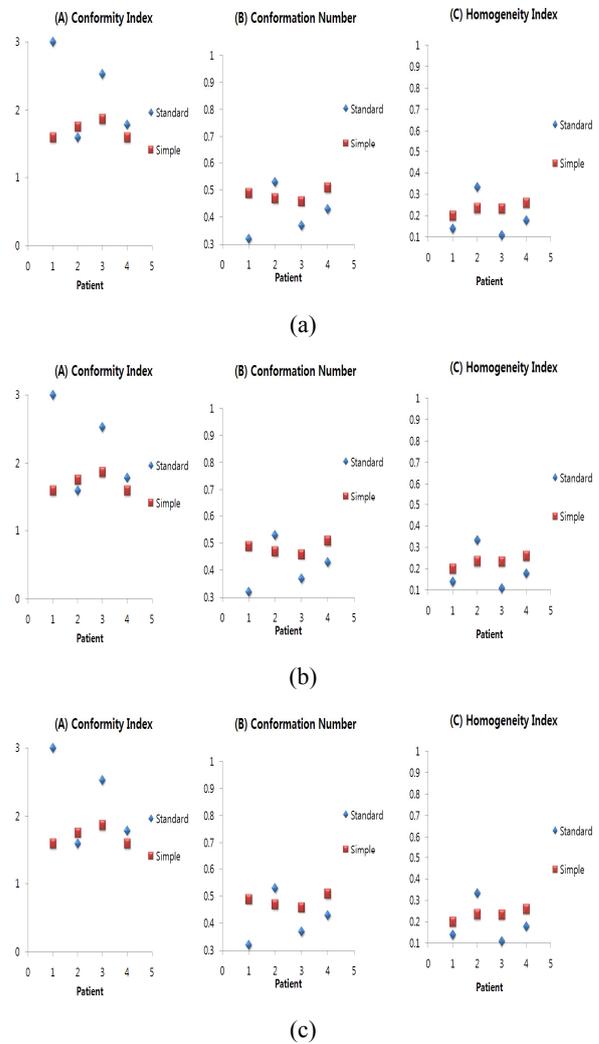


Fig. 5. Compared of Field Junction Dose Conformity Index (a), Conformation Number (b), Homogeneity Index (c).

IV. DISCUSSION

방사선치료의 목적은 국소 종양의 억제(local tumor control)를 최대화하면서 방사선으로 인한 부작용을 최소화하는 것으로, 방사선 치료는 많은 종양에서 효과적인 치료방법으로 이용되고 있다.

방사선치료의 가장 큰 장점은 치료범위 내에 포함되는 혈관, 신경, 연부조직 등이 비교적 방사선에 잘 견디는 조직으로, 치료 후 부작용이 상대적으로 적다는 점이다. 하지만 백혈병을 가지고 있는 소아를 대상으로 하는 방사선치료는 특별한 주의를 기울여야 하는데 이는 성인 환자에 비해 방사선 내성(radiation sensitivity)이 상대적으로 낮고, 치료로 인한 부작용이 발생할 경우, 평생 지속될 수 있기 때문이다.^[7]

뇌 척수 종양에 대한 방사선치료는 CSI법을 이용하여 치료할 수 있는데 CSI로 치료가 가능한 병변을 살펴보면 우선 두개인두종(craniopharyngioma)을 들 수 있다. 두개인두종은 방사선치료에 반응을 잘 하지만, 기본적인 치료로서 수술을 먼저 시행할지 방사선치료를 먼저 시행할 지에 대해서는 이견이 있는 종양이지만 일반적으로 조직검사(biopsy) 혹은 감압수술(decompressive surgery)만 시행하는 제한적 수술 후 방사선치료를 시행할 경우 80-90%의 높은 국소 제어율로 수술로 완전 절제를 시행한 경우와 비슷한 결과를 보고하고 있고^[4,5], 완전 절제 후 발생하는 내분비 부작용이 제한적 수술 후 방사선치료를 시행한 경우보다 더 많이 발생하는 것으로 알려져 있다.^[8]

다른종양으로는 배아세포종(germinoma)을 들 수 있는데 배아세포종 중 저위험군으로 분류되면 전뇌 전척수 방사선치료(cranio-spinal irradiation)를 시행하지 않고 전뇌(whole brain) 방사선치료 혹은 전뇌실(whole ventricle) 방사선치료 후 원발병소에 추가 방사선 치료를 시행하며, 고위험군 환자의 경우에는 전뇌 전척수 방사선치료 후 원발병소의 국소 방사선치료를 시행한다. 수모세포종(medulloblastoma)은 부작용을 줄이기 위해 전뇌 전척수 방사선치료의 선량을 줄이며 항암화학요법을 강화하는 등의 다양한 연구가 시도되었고,^[9,10] 평균 위험군의 수모세포종 치료 시에는 전뇌 전척수 방사선치료 용량을 36 Gy에서 18~24 Gy까지 낮추어 방사선치료를 하고 있다. 또한 전뇌 전척수 방사선치료 후 국

소 방사선치료 시 방사선치료의 범위를 줄이려는 연구가 진행되었다. 이는 전뇌 전척수 방사선치료 후 원발병변에 대한 방사선치료 시에 후부 두개골와(fossa)전체를 치료하는 방법에서 원발 종양이 있던 부분에서 약 1-2 cm의 여유를 두어 후부 두개골와의 일부만 치료함으로써 방사선치료의 부작용을 줄이고자 하는 것으로 3차원 입체조형방사선치료(3DCRT, 3-dimensional conformal radiation therapy) 혹은 IMRT (intensity modulated radiation therapy) 기법을 사용한다.^[11,12]

뇌에 발생한 저 등급 뇌교종(low-grade glioma)에서의 방사선치료는 종양의 발생 부위와 그 범위, 환아의 나이 및 절제된 범위에 따라 결정된다. 수술 후 남아있거나 절제가 안 된 종양의 경우, 방사선치료로 좋은 효과가 보고되고 있다.^[13]

Lee 등은 PTV에 대한 정확한 처방선량의 부여는 재발의 위험성을 낮추며 종양조직을 제어하며 치료를 시행하는 필수적인 요소이며 이를 만족하지 못한 치료는 차후에 재발할 수 있다고 경고하였다.^[14]

더욱이 정상조직에 방사선량의 흡수가 증가되면 치료 종료 수년 후에 그 부작용이 발생할 수도 있다. 방사선 영향은 방사선 치료 중 혹은 치료 종료 직후에 발생하는 급성 영향(acute effect)과, 방사선치료 종료 3개월 이후에 나타나는 만성 영향(late effect)으로 구분되는데^[5] 정상 조직에 대한 방사선 영향은 방사선치료 시 발생하는 피로, 식욕저하 및 전신 쇠약감을 제외하고 주로 방사선이 조사되는 부위에 국한되어 발생하는 특징이 있다.

척수의 과다피폭은 하지신경의 일시마비 및 영구적 손상을 줄 수 있으며 척수의 과다피폭 만으로도 생선물을 떨어뜨릴 수 있다고 보고되었다.^[16] 특히, 종양 치료시 뇌 기능의 미성숙으로 인한 신경인지기능에 커다란 영향을 미칠 수가 있고, 척추 방사선치료로 인하여 뼈 성장에 영향을 보이기도 한다. 일반적으로 20 Gy 이상의 방사선 선량은 뼈 성장에 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며,^[16,17] 전 척수 방사선치료(whole spine irradiation)를 시행해야 하는 뇌종양의 경우 뼈 성장 장애를 초래 할 수 있다.

치료 후 성장에 대한 영향은 뼈에 대한 방사선치료로 인한 성장판 손상 외에도 뇌 조사 시에 발생 가능한 성장 호르몬(growth hormone)의 감소에도 기인할 수

있다. 더욱이 방사선 만성 영향 중 가장 심각한 부작용은 2차적 발암이라고 보고되고 있으며,^[18,19] 방사선치료로 인한 2차적 발암의 발생은 부모의 유전적 원인, 방사선 선량, 방사선이 조사된 조직의 종류, 환자의 성별 및 나이에 따라 영향을 받는 것으로 연구되고 있다.

본 연구에서 사용한 Standard Technique과 Simple Technique 중 Simple Technique이 Standard Technique에 비해 선량분포가 균등하게 나타난 것을 확인 할 수 있었다. 이는 조사야 접합부분에 균등한 선량 분포를 만들어 방사선 치료가 종료 된 후에도 방사선 척수염과 같은 방사선 후유증 및 종양의 재발의 가능성을 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

이는 기존의 연구결과에서 보였듯 급성 및 만성 장애의 확률을 줄여 줄 수 있을 것이라 판단되며 특히 선량과다로 올 수 있는 2차적 발암 등의 장애와 선량부족으로 기인하는 재발 및 완치 불가를 방지할 것으로 생각된다. 하지만 simple technique은 조사야 접합부의 이동이 없이 고정적으로 치료를 하는 방식의 Simple Technique은 환자의 위치가 치료를 실시할 때마다 정확히 일치하여야만 한다는 단점이 존재한다.

기하학적 일치성이 보장되지 않으면 위치잡이(inter set-up error)의 오차가 발생하여 조사야 겹침부분(field junction) 부분에서는 선량과다 혹은 선량부족이 발생할 수 있다. 따라서, 정확한 환자의 위치재현성과 선형가속기의 정도 관리를 통한 겐트리(gantry), 콜리메이터(collimator) 및 환자치료테이블(couch) 각도의 정확성이 확보된다면 Simple Technique 기법을 이용한 CSI의 방사선치료에서의 적용은 유용할 것으로 생각된다.

V. CONCLUSION

본 연구에서는 CSI 방사선치료에 이용되는 방법 중 Simple Technique과 Standard Technique을 비교해 보았다. 그 결과 Simple Technique을 적용 하였을 경우가 선량분포면(CI, CN, HI)에서 우수하였다는 것을 확인할 수 있었다. 더욱이 정확한 치료를 위한 의료용 선형가속기의 기하학적 정도관리와 환자고정의 정확한 재현성이 확보된다면 CSI 치료에 Simple Technique의 적용은 유용할 것으로 사료된다.

Reference

- [1] E. Bouffet J.L. Bernard, D. Frappaz, J.C. Gentet, H. Roche, P. Tron, C. Carrie, C. Raybaud, A. Joannard, C. Lapras, M. Choux, M. Carton, L. Aimard, T. Philip, M. Brunat-Mentigny, "M4 protocol for cerebellar medulloblastoma : supratentorial radiotherapy may not be avoided," International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics No. 24, pp. 79-85, 1992.
- [2] William M. Wara, Quynh-Thu X. Le, Penny K. Sneed, David A. Larson, Michael D. Prados, Victor A. Levin, Michael S.B. Edwards, Michael D. Weil, "Pattern of recurrence of medulloblastoma after low-dose craniospinal radiotherapy," International Journal of Radiation Oncology, Biology Physics, No. 30, pp. 551-556, 1994.
- [3] Edward C. Halperin, Louis S. Constine, Nancy J. Tarbell, "Pediatric radiation oncology. 5th ed," Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins 2011.
- [4] Rajan B1, Ashley S, Gorman C, Jose CC, Horwich A, Bloom HJ, Marsh H, Brada M. Craniopharyngioma: a long-term results following limited surgery and radiotherapy", Radiationtherapy and oncology, No. 26, pp. 1-10, 1993.
- [5] Merchant TE1, Kiehna EN, Kun LE, Mulhern RK, Li C, Xiong X, Boop FA, Sanford RA., "Phase II trial of conformal radiation therapy for pediatric patients with craniopharyngioma and correlation of surgical factors and radiation dosimetry with change in cognitive function", Journal of Neurosurg 104, 2006.
- [6] Merchant TE1, Kiehna EN, Sanford RA, Mulhern RK, Thompson SJ, Wilson MW, Lustig RH, Kun LE., "Craniopharyngioma: the St. Jude Children's Research Hospital experience 1984-2001", International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics No. 53, pp. 533-542, 2002.
- [7] EC Halperin, LS Constine, NJ Tarbell, LE Kun, "Pediatric radiation oncology. 5th ed", Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2011.
- [8] Stella Hetelekidis, Patrick D Barnes, May L Tao, Edwin G Fischer, Lindsey Schneider, R. Michael Scott, Nancy J Tarbell, "20-year experience in childhood craniopharyngioma", International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics, No. 27, pp. 189-195, 1993.

- [9] Patrick R. M. Thomas, Melvin Deutsch, James L. Kepner, James M. Boyett, Jeffrey Krischer, Patricia Aronin, Leland Albright, Jeffrey C. Allen, Roger J. Packer, Rita Linggood, Raymond Mulhern, James A. Stehbens, James Langston, Philip Stanley, Patricia Duffner, Lucy Rorke, Joel Cherlow, Henry S. Friedman, Jonathan L. Finlay, Teresa J. Vietti and Larry E. Kun, "Low-stage medulloblastoma: final analysis of trial comparing standard-dose with reduced-dose neuraxis irradiation", *Journal of Clinical Oncology*, No. 18, pp. 3004-3011, 2000.
- [10] Roger J. Packer, Joel Goldwein, H. Stacy Nicholson, L. Gilbert Vezina, Jeffrey C. Allen, M. Douglas Ris, Karin Muraszko, Lucy B. Rorke, William M. Wara, Bruce H. Cohen and James M. Boyett, "Treatment of children with medulloblastomas with reduced dose craniospinal radiation therapy and adjuvant chemotherapy: a Children's Cancer Group Study", *Journal of Clinical Oncology* No. 17, pp. 2127-2136, 1999.
- [11] Suzanne L. Wolden, Ira J. Dunkel, Mark M. Souweidane, Laura Happersett, Yasmin Khakoo, Karen Schupak, David Lyden and Steven A. Leibel, "Patterns of failure using a conformal radiation therapy tumor bed boost for medulloblastoma", *Journal of Clinical Oncology*, No. 21, pp. 3079-3083, 2003.
- [12] Thomas E. Merchant, Larry E. Kun, Matthew J. Krasin, Dana Wallace, Murali M. Chintagumpala, Shiao Y. Woo, David M. Ashley, Maree Sexton, Stewart J. Kellie, Verity Ahern, Amar Gajjar, "Multi-institution prospective trial of reduced-dose cranio-spinal irradiation (23.4 Gy) followed by conformal posterior fossa (36 Gy) and primary site irradiation (55.8 Gy) and dose-intensive chemotherapy for average-risk medulloblastoma," *International Journal of Radiation Oncology, Biology Physics*, No. 70, pp. 782-787, 2008.
- [13] Thomas E Merchant, Chenghong Li, Xiaoping Xiong, Larry E Kun, Frederic A Boop, Robert A Sanford, "A conformal radiotherapy after surgery for paediatric ependymoma: a prospective study," *Lancet Oncology* No. 10, pp. 258-266, 2009.
- [14] MJ Lee, HJ Jung, "The Result of Radiation Therapy of Nasopharyngeal Carcinoma," *International Journal of Radiation Oncology*, Vol. 21 No. 4, pp. 269~275, 2003.
- [15] Ann J. McCunniff, Mark J. Liang. "Radiation tolerance of the cervical spinal cord," *International Journal of Radiation Oncology*, Vol. 16, No. 3, pp. 675-678, 1988.
- [16] John C. Probert, Bruce R. Parker, "The effects of radiation therapy on bone growth", *Radiology*, No. 114, pp. 155-162, 1975.
- [17] J H Silber, P S Littman, A T Meadows, "Stature loss following skeletal irradiation for childhood cancer," *Journal of Clinical Oncology*, No. 8 pp. 304-312, 1990.
- [18] Margaret A. Tucker, Giulio J. D'Angio, John D. Boice, Jr., Sc.D., Louise C. Strong, Frederick P. Li, Marilyn Stovall, M.S., Betty J. Stone, Daniel M. Green, Fabrizio Lombardi, William Newton, Robert N. Hoover, Joseph F. Fraumeni, Jr., "The Late Effects Study Group. Bone sarcomas linked to radiotherapy and chemotherapy in children," *The New England Journal of Medicine*, No. 317, pp. 588-593, 1987.
- [19] N.J Tarbell, P Mauch, R.D Gelber, H.J Weinstein, "Sex differences in risk of second malignant tumours after Hodgkin's disease in childhood," *Lancet oncology*, No. 341, pp. 1428-1432, 1993.

뇌 및 척수조사시 치료기법의 변화가 선량분포에 미치는 영향

이승철,¹ 김영재^{2,*}

¹가톨릭대학교 의정부성모병원

²대구보건대학교 방사선과

요 약

본 연구에서는 CSI 치료시 Standard Technique과 Simple Technique을 비교하여 조사야 접합부의 고선량(hot spot) 또는 저선량(cold spot)이 발생하는 부위의 체적을 분석하고 이에 따른 방사선 치료 유용성을 평가하고자 한다. 연구 목적에 동의한 환자를 대상으로 CT Simulator를 이용하여 환자의 두개부에서 골반부 까지 영상을 획득하였다. Standard Technique 의 경우 조사야 접합부의 이동을 실시하며 Simple Technique은 접합부에서 조사야를 고정하여 치료계획을 수립 후 분석하였다. 분석결과 Standard Technique의 경우에는 조사야 접합부분에 대한 고선량(hot spot)의 영역이 발생 되었으며, Simple Technique은 Standard 기법 보다 선량이 균등하게 나타났다. Standard Technique 과 Simple Technique의 CI 지수는 각 1.6~3, 1.6~1.87, CN의 경우는 0.32~0.53, 0.46~0.51, HI는 0.11~0.33, 0.2~0.26의 분포를 나타냈다. 즉, 인접 조사야가 접합하는 조사야 부분의 선량 분포는 Standard Technique에 비해 균등하게 나타났으며, CI, CN, HI 지수를 비교한 결과 Simple Technique에서 균등한 선량 분포가 나타나 CSI 치료에서 Simple Technique의 적용은 적합하다고 판단된다.

중심단어: 뇌척수조사법, 표준조사기법, 단순조사기법