

뇌종양 환자의 양성자 치료 시 Range Compensator의 Smooth Thickness 적용에 따른 선량비교

국립암센터 양성자치료센터

김태완 · 김대웅 · 김재원 · 정경식

목 적 : 양성자 치료 시 사용되는 Range Compensator는 Target의 Distal Margin의 선량에 대해 정상조직에 전달되는 양성자 빔 선량을 보정하는 역할을 한다. 이에 뇌종양 치료에 사용되는 Range Compensator의 Smooth Thickness를 다르게 적용함에 따른 PTV와 OAR의 선량을 비교하여 대상 부위의 선량이 개선되는 것을 확인해 보고자 한다.

대상 및 방법 : 본원에서 양성자 치료를 받은 뇌종양 환자 10명을 대상으로 Eclipse Proton Planning System(Version 10.0, Varian, USA)의 Compensator Editor를 사용하여 Range Compensator에 적용되는 Smooth Thickness를 각각 1회에서 5회까지 순차적으로 적용하였다. 치료계획의 알고리즘은 Proton Convolution Superposition(version 8.1.20 or 10.0.28)을 사용하였고, Smooth Thickness를 단계적으로 적용함에 따른 PTV의 Dmax, Dmin, Homogeneity Index, Conformity Index 그리고 종양주위의 OAR 선량을 비교하였다.

결 과 : Smooth Thickness를 1회에서 5회까지 적용하였을 때 PTV의 최대선량(Dmax)은 최대 4.3%, 최소 0.8%, 평균 1.81% 감소하였으며, 최소 선량(Dmin)은 최대 1.8%, 최소 0.2%, 평균 0.82% 증가하였고, 최대선량과 최소선량의 차이는 최대 5.9%, 최소 1.4%, 평균 2.63% 감소하였다. Homogeneity Index는 평균 0.018 감소하였고 Conformity Index는 거의 변화가 없었다. OAR 선량은 Brain Stem에서 최대 1.6%, 최소 0.1%, 평균 0.59% 감소하였으며, Optic Chiasm에서 최대 1.3%, 최소 0.3%, 평균 0.45% 감소하였으나, C와 E환자가 각각 0.3%, 0.6% 증가하였다. 그리고 Rt. Optic Nerve에서 최대 1.5%, 최소 0.3%, 평균 0.8% 감소하였으나, B환자가 0.1% 증가하였다. Lt. Optic Nerve에서는 최대 1.8%, 최소 0.3%, 평균 0.67% 감소하였으나, H환자가 0.4% 증가하였다.

결 론 : 뇌종양 환자의 양성자 치료에 사용되는 Range Compensator의 Smooth Thickness가 단계적으로 적용될수록 Compensator의 해상도가 증가하여 가장 최적화된 양성자 빔 선량을 전달할 수 있다. 이는 PTV에 좀 더 균일한 선량을 조사할 수 있고 또한 OAR에 작용하는 불필요한 선량을 감소시켜 부작용을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

핵심용어 : 양성자치료, Range Compensator, Smooth thickness

서 론

양성자치료는 기존의 방사선 치료에 사용되는 광자선 치료와는 선량적으로 다른 특성을 가지고 있다. 광자선은 인체 조직을 통과하면서 깊이가 증가함에 따라 지수 함수 적으로 감소하는 흡수선량 분포를 나타낸다. 이와는 다르게 양성자는 인체 조직을 통과하면서 속도가 점점 느려져서 인체 내의 궤도 전자와 상호작용이 증가하며 Range(비정)가 끝나는 지점에서 최대에너지를 Target에 전달하고 급격하게 떨어지는 흡수선량 분포를 보인다. 에너지의 대부분을

방출하며 소멸되는 브래그 피크(Bragg peak)라고 불리는 양성자의 이러한 특성은 체내의 정상조직에는 불필요한 손상을 초래하지 않으면서 종양을 효과적으로 치료할 수 있는 가장 큰 장점이다.^{1,2)} 그러나, 양성자의 이러한 장점은 인체 조직 내에서 각 물질 간의 불균질한 밀도와 Target Volume의 형상의 변화에 의해 효과가 감소 될 수 있다. 또한, 양성자 치료는 환자의 Setup위치에 따른 변화에 매우 민감하며 급격한 흡수선량 분포를 나타내기 때문에 조금이라도 위치가 변하게 되면 선량분포가 틀려져 원하는 Target Volume에는 선량이 부족하게 전달 될 수 있고, Target 주변의 정상조직에는 필요 이상의 선량이 전달 될 수 있다. 따라서 양성자 치료에서는 Target Volume에 정확하고 균일한 선량을 전달하기 위해서 Range Compensator를 사용한다^{3,4,5)}.

Range Compensator는 종양의 3차원적인 형태에 따라

본 논문은 2016년 11월 11일 접수하여 2016년 12월 10일 채택되었음.
책임저자 : 김태완, 국립암센터 양성자치료센터
경기 고양시 일산동구 일산로 323 양성자치료센터
Tel : 031)920-0136, Fax : 031)920-0149
E-mail : buggy85@naver.com

양성자 빔의 Range를 Target이 끝나는 지점과 양성자 빔의 Distal Margin이 거의 일치할 수 있게 조절하는 역할을 한다. (Fig 1.) Range Compensator는 Target의 단면적인 형태에 따른 각 Pixel에서 양성자 빔 Range에 영향을 미칠 수 있는 불확실성을 보정하기 위해 각 step의 폭과 Pixel의 수를 조정 할 수 있다. 이러한 폭을 조정하는 것을 Smearing이라고 하며 환자의 움직임이나 setup에 의한 오차를 줄여주기

위하여 compensator의 각 layer마다 일정 폭의 margin을 추가로 주는 것을 말한다. 또한 Smooth Thickness를 적용하여 Range Compensator의 Pixel 수를 증가시켜 더 세밀하게 양성자 빔의 Distal Margin을 조절하여 정상장기에 불필요한 선량이 들어가는 것을 줄일 수 있으며 불균질한 물질에 대한 보상효과를 좀 더 높일 수 있다^{6,7)}.
본원에서는 Smooth Thickness를 적용하여 생성된

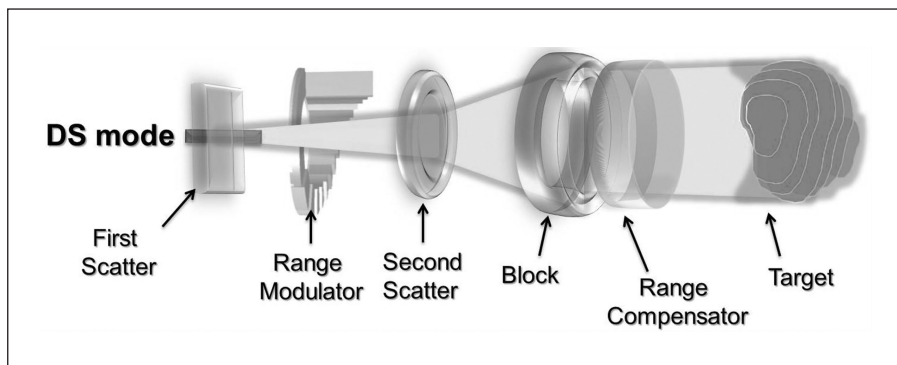


Fig 1. Range Compensator adjusts the distal margin of the proton beam.

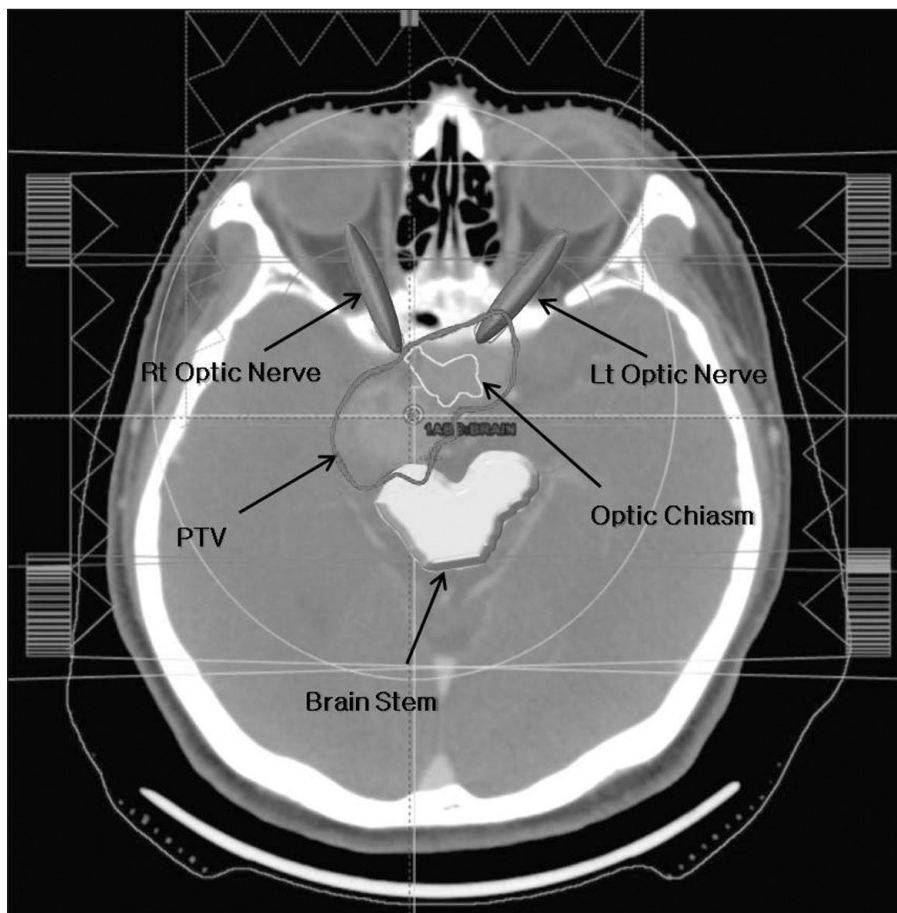


Fig 2. Analysis by the acts after the breathing phase by using the developed program

Table 1, Measurement of Dmax(Unit in %)

Patients	Smooth Thickness	0	1	2	3	4	5	Diff
	A		115.4	115.4	115.2	115	114.7	114.3
B		109.1	108.8	108.6	108.3	108	107.8	-1.3
C		108.8	108.9	108.1	108	107.6	107.5	-1.3
D		107.6	107.3	107	106.9	106.8	106.7	-0.9
E		107.4	106.1	104.8	104.5	104.4	104.3	-3.1
F		109.2	108.8	108.2	108	107.8	107.6	-1.6
G		109.1	108.5	108.4	108.4	108.3	108.3	-0.8
H		119.9	119.8	118.2	117.1	116.2	115.6	-4.3
I		110.9	110	109.6	109.4	109.1	108.9	-2
J		105.9	105	104.7	104.6	104.4	104.2	-1.7
AVG								-1.81

※ AVG = AVERAGE, Diff = Difference

Table 2, Measurement of Dmin(Unit in %)

Patients	Smooth Thickness	0	1	2	3	4	5	Diff
	A		89.8	90.1	90.5	90.8	91.5	91.6
B		93.7	94	94.3	94.5	94.6	94.6	0.9
C		93.9	94	94.3	94.5	94.8	95	1.1
D		95.6	95.8	96	95.9	96	96.1	0.5
E		93.4	93.3	93.4	93.4	93.6	93.7	0.3
F		94.4	94.2	94.5	94.6	94.7	94.7	0.3
G		93.5	94	94.1	94.3	94.4	94.4	0.9
H		90.2	90.5	90.8	91.1	91.4	91.8	1.6
I		92.2	92.2	92.4	92.7	92.7	92.8	0.6
J		96.8	96.7	96.9	97	97	97	0.2
AVG								0.82

※ AVG = AVERAGE, Diff = Difference

Milling Machine Parameters를 통해 Range Compensator를 제작, 적용하여 환자를 치료하고 있다. 본 논문에서는 뇌종양 환자의 양성자 치료에 사용되는 Range Compensator의 Smooth thickness를 적용함에 따라 선량분포가 어떻게 변화하는지를 분석하고 Planning Target Volume(PTV)과 Organ at risk(OAR)에 작용하는 선량에 대하여 어떤 영향을 주는지 비교 평가해 보았다.

대상 및 방법

1. 대상 환자

현재까지 본원에서 Proton Therapy System(Proteus-235, IBA particle Therapy)을 통해 치료를 받은 뇌종양 환자 중에서 snout size가 100이고 3방향의 치료조사영역을 가진 환자를 선택하였다. 그 중 뇌줄기(Brain Stem), 시신경 교차

Table 3. Measurement of Difference between Dmax and Dmin(Unit in %)

Patients	Smooth Thickness	0	1	2	3	4	5	Diff
	A		25.6	25.3	24.7	24.2	23.2	22.7
B		15.4	14.8	14.3	13.8	13.4	13.2	-2.2
C		14.9	14.9	13.8	13.5	12.8	12.5	-2.4
D		12	11.5	11	11	10.8	10.6	-1.4
E		14	12.8	11.4	11.1	10.8	10.6	-3.4
F		14.8	14.6	13.7	13.4	13.1	12.9	-1.9
G		15.6	14.5	14.3	14.1	13.9	13.9	-1.7
H		29.7	29.3	27.4	26	24.8	23.8	-5.9
I		18.7	17.8	17.2	16.7	16.4	16.1	-2.6
J		9.1	8.3	7.8	7.6	7.4	7.2	-1.9
AVG								-2.63

※ AVG = AVERAGE, Diff = Difference

Table 4. Measurement of Homogeneity Index

Patients	Smooth Thickness	0	1	2	3	4	5	Diff
	A		1.154	1.158	1.152	1.15	1.147	1.143
B		1.091	1.088	1.086	1.083	1.08	1.078	-0.013
C		1.073	1.071	1.07	1.068	1.068	1.068	-0.005
D		1.076	1.073	1.07	1.069	1.068	1.067	-0.009
E		1.074	1.061	1.048	1.045	1.044	1.043	-0.031
F		1.092	1.088	1.082	1.08	1.078	1.076	-0.016
G		1.091	1.085	1.084	1.084	1.083	1.083	-0.008
H		1.199	1.198	1.18	1.167	1.159	1.152	-0.047
I		1.109	1.1	1.096	1.094	1.091	1.089	-0.02
J		1.059	1.05	1.047	1.046	1.044	1.042	-0.017
AVG								-0.018

※ AVG = AVERAGE, Diff = Difference

(Optic Chiasm), 오른쪽 시신경(Rt Optic Nerve), 왼쪽 시신경(Lt Optic Nerve)를 포함하여 치료를 받은 환자 10명을 대상으로 치료계획을 세웠다.(Fig 2)

2. 치료 계획 및 자료 획득

환자의 치료계획을 위해 Eclipse Proton Planning System(Version 10.0, Varian, USA)을 사용하였고 선량계

산을 위하여 Proton Convolution Superposition(Version 8.1.20 or 10.0.28) 알고리즘을 사용하였다.

Eclipse의 External planning system을 이용하여 대상 환자 1명씩 3가지 방향의 치료 조사영역마다 Range Compensator를 설정하였다. 생성된 Compensator를 바탕으로 선량을 계산하여 Smooth thickness를 적용하지 않았을 때의 치료계획을 세워 DVH(Dose Volume Histogram)를 분석하여 원하는 데이터를 구했다. 제작된 Range Compensator에 Compensator

Editor를 이용하여 직경을 조절해 PTV와 주변 OAR을 포함한 Hot Spot에 Smooth Thickness를 적용하였다.(Fig 3) 환자의 각 조사영역마다 1회에서 5회까지 적용하여 치료계획을 세웠다. Smooth Thickness가 1회씩 추가 적용될 때 마다 DVH를 분석해 원하는 데이터를 수집했다.

3. 데이터 비교 및 분석

치료계획을 평가하기 위해 DVH를 분석해 수집한 데이터를 바탕으로 PTV에 대한 최대선량과 최소선량의 상대선량 백분율을 구하여 그 차이가 감소하는 것을 바탕으로 Target에 대한 선량의 균일성을 평가하였으며 선량적합성을 분석

Table 5. Measurement of Conformity Index

Patients \ Smooth Thickness	0	1	2	3	4	5	Diff
A	1,17	1,17	1,17	1,17	1,16	1,16	-0,01
B	1,28	1,28	1,28	1,28	1,27	1,27	-0,01
C	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,18	-0,01
D	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	0
E	1,29	1,29	1,29	1,29	1,28	1,28	-0,01
F	1,14	1,14	1,14	1,13	1,13	1,13	-0,01
G	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0
H	1,13	1,13	1,13	1,13	1,12	1,12	-0,01
I	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	0
J	1,12	1,12	1,12	1,12	1,11	1,11	-0,01
AVG							-0,007

※ AVG = AVERAGE, Diff = Difference

Table 6. Measurement of Brain Stem(Unit in %)

Patients \ Smooth Thickness	0	1	2	3	4	5	Diff
A	106,3	106	105,8	105,7	105,7	105,7	-0,6
B	107,3	106,9	106,7	106,5	106,3	106,1	-1,2
C	104,3	103,9	103,7	103,7	103,7	103,6	-0,7
D	105,1	105,2	105,2	105,1	105,1	105	-0,1
E	92,1	92	91,9	91,9	91,7	91,7	-0,4
F	104,2	104,5	104,1	104	103,9	103,9	-0,3
G	106,3	106,3	106,3	106,3	106,3	106,2	-0,1
H	111,7	111,4	110,8	110,5	110,3	110,1	-1,6
I	104,5	104,3	104,2	104,1	104	104	-0,5
J	102,9	102,6	102,6	102,5	102,5	102,5	-0,4
AVG							-0,59

※ AVG = AVERAGE, Diff = Difference

하기 위하여 선량균질지수(Homogeneity Index, HI)와 처방선량지수(Conformity Index, CI)를 구하였다. (식. 1,2) 그리고 Target 주변의 OAR인 Brain Stem, Optic Chiasm, Rt Optic Nerve, Lt Optic Nerve의 Max dose의 상대선량백분율을 구하여 Smooth Thickness가 적용됨에 따른 OAR Dose의 변화를 비교 분석 하였다.

$$H.I = \frac{D_{max}}{D_{pres}} \text{ ----- [식1]}$$

H.I : Homogeneity Index
 D_{max} : Maximum dose in the Target volume
 D_{pres} : Prescribed dose in the Target Volume

$$C.I = \frac{V}{TV} \text{ ----- [식2]}$$

C,I : Comformity Index
 V : Volume encompassed by
 TV : Tumor volume encompassed by

결 과

1. Target Volume에 관한 평가

Smooth Thickness를 1회에서 5회까지 적용할수록 환자의 PTV에 미치는 영향을 확인하기 위하여 Dmax와 Dmin을 구하여 그 차이가 어떻게 변화하는지 결과를 비교하였고 HI와 CI를 구하여 결과를 분석하였다.

10명의 Target Volume에 있어서 대상환자(A, B, C, D, E, F, G, H, I, J)별 Dmax의 상대선량백분율의 경우 1.1%, 1.3%, 1.3%, 0.9%, 3.1%, 1.6%, 0.8%, 4.3%, 2%, 1.7%의 차이로 평균 1.81% 감소하였다. Dmin의 상대선량백분율의 경우 1.8%, 0.9%, 1.1%, 0.5%, 0.3%, 0.3%, 0.9%, 1.6%, 0.6%, 0.2%의 차이로 평균 0.82% 증가하였다.(Table 1,2) 두 값의 차이는 대상환자별로 2.9%, 2.2%, 2.4%, 1.4%, 3.4%, 1.9%, 1.7%, 5.9%, 2.6%, 1.9%의 차이로 평균 2.63% 감소하였다.(Table 3)

10명의 대상 환자의 HI는 Smooth Thickness를 적용할수록 0.011, 0.013, 0.005, 0.009, 0.031, 0.016, 0.008, 0.047,

0.020, 0.017만큼 평균 0.018 감소하였고 CI는 모든 환자가 거의 변화가 없었다.(Table 4,5)

2. OAR(Organ at risk)에 관한 평가

PTV 주변 Brain Stem, Optic Chiasm, Rt Optic Nerve, Lt Optic Nerve의 OAR에 작용하는 Max Dose를 비교하여 Smooth Thickness를 적용할수록 정상조직에 미치는 영향을 분석하였다.

대상환자별 Brain Stem의 Max Dose는 0.6%, 1.2%, 0.7%, 0.1%, 0.4%, 0.3%, 0.1%, 1.6%, 0.5%, 0.4%로 평균 0.59% 감소하는 것으로 나타났다.(Table 6)

Optic chiasm의 Max Dose의 차이는 0.5%, 0.5%, -1.0%, -0.3%, -0.3%, -1.3%, -0.7%, -0.8%로 C와 E환자를 제외한 나머지 환자들은 Max Dose가 감소하였지만 C환자는 0.3%, E환자는 0.6% 증가하는 것으로 10명의 대상환자 평균 0.45% 감소하는 것으로 나타났다.(Table 7)

Rt Optic Nerve의 Max Dose는 0.5%, 0.3%, 1.3%, 1.4%, 1%, 0.4%, 1.5%, 1%, 0.7% 감소하였고 B환자만 0.1% 증가로 평균 0.8%감소하였다.(Table 8)

Lt Optic Nerve의 Max Dose는 0.7%, 0.3%, 1%, 0.4%, 1.1%, 1.8%, 0.3%, 1%, 0.5%감소하였고 H환자만 0.4%증가로 평균 0.67% 감소하였다.(Table 9)

결 론

본 연구에서는 양성자 치료를 받은 뇌종양 환자의 Range Compensator에 Smooth Thickness가 작용하는 횡수가 증가함에 따라 Target과 그 주변의 정상조직에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 그 결과 PTV에 작용하는 Dmax는 점차 감소하였고 Dmin은 점차 증가하여 두 값의 차이가 점점 줄어드는 양상을 보였다.[Fig. 4.] 이는 Target에 좀 더 균일하게 선량을 전달 할 수 있다는 것을 의미한다. 또한 H.I가 점차 감소하며 선량의 균질성에도 더 좋은 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다. 다만 C.I는 치료계획상으로는 위치 변동이 없었기 때문에 실제로 환자의 위치이동에 대한 보정에 대해서 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

Brain주변의 OAR에 대한 손상은 혼수상태, 운동신경 마비, 시력손상 등의 심각한 부작용을 야기할 수 있다. OAR Dose의 경우 Brain Stem, Optic Chiasm, Rt Optic Nerve,

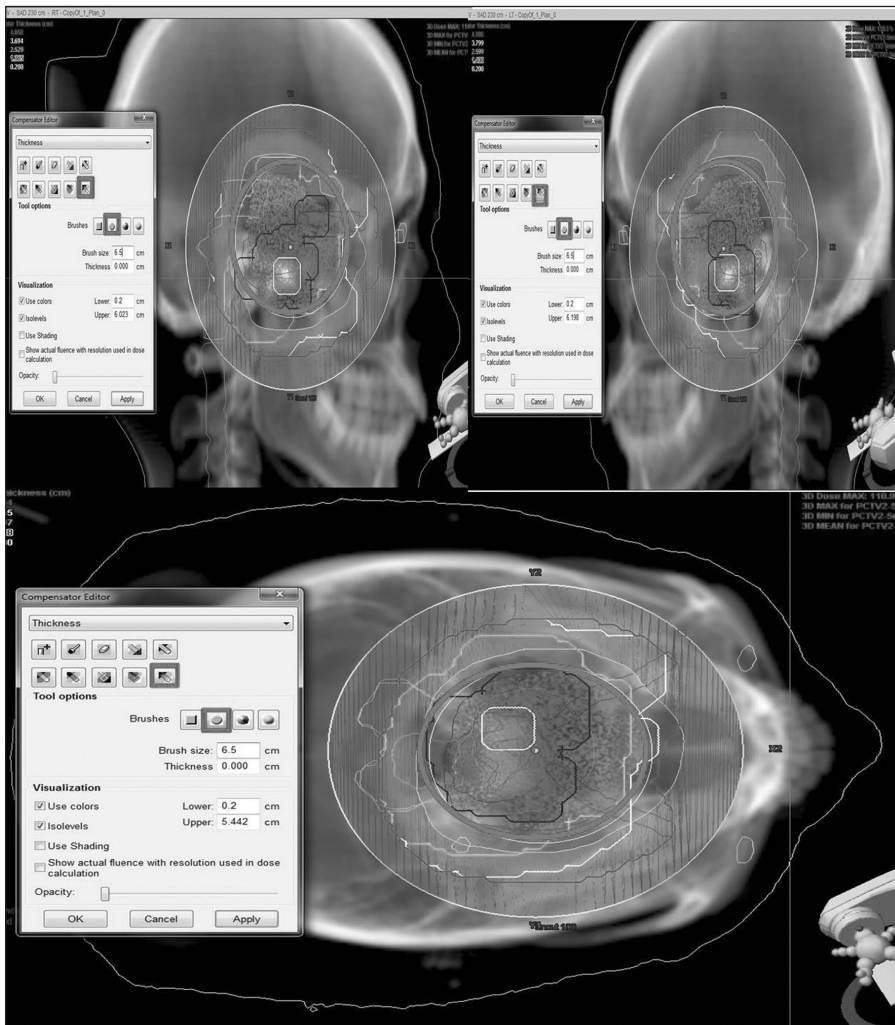


Fig 3. Using the Compensator Editor in the Range Compensator, the diameter was adjusted to apply the smooth thickness to the hot spot including the PTV and the surrounding OAR

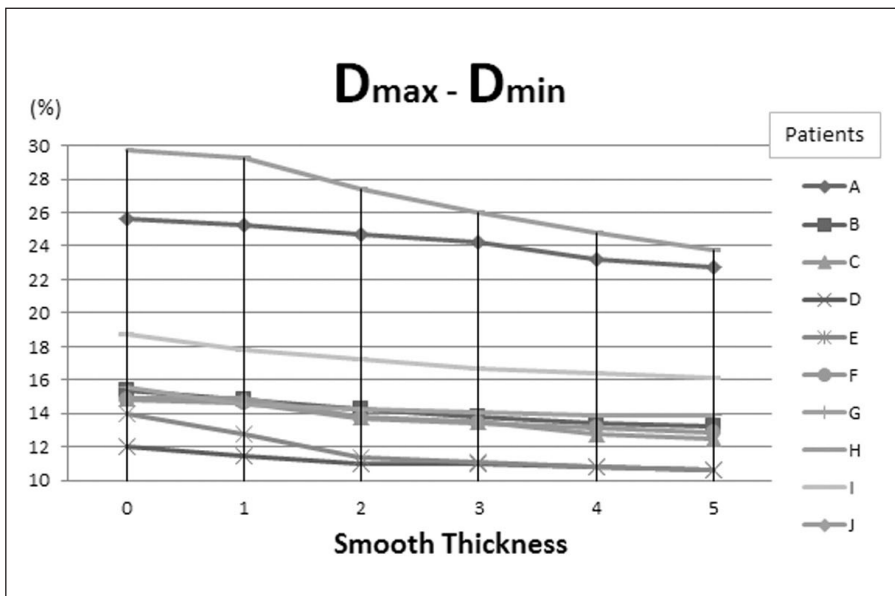


Fig 4. This graph shows the difference between the maximum dose and the minimum dose. It is becoming more and more shrinking.

Table 7. Measurement of Optic Chiasm(Unit in %)

Patients	Smooth Thickness	0	1	2	3	4	5	Diff
	A		105	104.9	104.7	104.7	104.6	104.5
B		74.2	74	73.9	73.8	73.8	73.7	-0.5
C		102.9	103	103.1	103.1	103.1	103.2	0.3
D		94.5	94.4	94.1	93.9	93.6	93.5	-1
E		95.8	96.1	96.2	96.2	96.4	96.4	0.6
F		106.4	106.4	106.3	106.2	106.2	106.1	-0.3
G		103	102.9	102.8	102.8	102.7	102.7	-0.3
H		103.9	103.4	103	102.9	102.7	102.6	-1.3
I		103.9	103.8	103.6	103.5	103.3	103.2	-0.7
J		103.3	102.8	102.6	102.6	102.6	102.5	-0.8
AVG								-0.45

※ AVG = AVERAGE, Diff = Difference

Table 8. Measurement of Rt Optic nerve(Unit in %)

Patients	Smooth Thickness	0	1	2	3	4	5	Diff
	A		105.8	106	105.5	105.6	105.5	105.3
B		83.2	83.9	83.5	83.4	83.3	83.3	0.1
C		104.9	104.6	104.7	104.7	104.6	104.6	-0.3
D		86.1	86.1	85.7	85.4	85.1	84.8	-1.3
E		104.9	104.5	104.1	103.8	103.6	103.5	-1.4
F		105.2	105.4	104.9	104.6	104.4	104.2	-1
G		103.4	103.3	103.2	103.2	103.1	103	-0.4
H		103.8	103.1	102.6	102.5	102.3	102.3	-1.5
I		107.8	107.5	107.3	107.1	106.9	106.8	-1
J		103.6	103.4	103.2	103.2	103	102.9	-0.7
AVG								-0.8

※ AVG = AVERAGE, Diff = Difference

Lt Optic Nerve에 작용하는 영향을 확인 할 수 있었다. 4가지 OAR Dose의 경우 대체로 Smooth Thickness를 적용함에 따라 Dmax가 감소하였다. 이는 OAR의 정상조직에 대한 손상을 줄일 수 있을 것이라 사료된다.

다만 다른 일반적인 결과값과는 달리 PTV의 Dmax가 증가하거나, Dmin이 감소하고 OAR Dose가 증가하는 경우가 있었다. 그 원인은 Compensator내에서 층과 층사이의 벽에 양성자 빔이 부딪히며 발생하는 산란선 즉 Wall scraping

effect에 의한 것으로 여겨진다. 그러나 이는 허용범위 이내이며 그 수치의 변화가 미비하고, 다른 세 가지 OAR에 미치는 영향을 고려하였을 때 Smooth Thickness를 적용하는 것이 치료를 더 효과적으로 할 수 있다고 사료된다.

이번 연구를 통하여 양성자 치료에 사용하는 Range Compensator에 적절한 횡수의 Smooth thickness를 적용하는 것은 Target의 선량분포를 개선할 수 있으며 Target 주변의 정상조직에 불필요한 선량을 감소시키는 결과를 나타냈

Table 9. Measurement of Lt Optic nerve(Unit in %)

Patients	Smooth Thickness	0	1	2	3	4	5	Diff
	A		106.6	106.5	106.3	106.2	106	105.9
B		78.6	78.4	78.4	78.5	78.4	78.3	-0.3
C		106.1	105.6	105.5	105.4	105.3	105.1	-1
D		87.4	87.6	87.3	87.2	87.1	87	-0.4
E		81.8	81.6	81.4	81	80.7	80.7	-1.1
F		106.7	106.3	105.6	105.3	105.1	104.9	-1.8
G		102.6	102.5	102.4	102.3	102.3	102.3	-0.3
H		82.2	82.8	82.6	82.6	82.3	82.6	0.4
I		108.1	107.6	107.5	107.4	107.3	107.1	-1
J		102.5	101.9	102	102	102	102	-0.5
AVG								-0.67

※ AVG = AVERAGE, Diff = Difference

기 때문에 이를 적용한 양성자 치료가 더 효과적이라고 사료된다. 다만 뇌보다 치료부위가 큰 폐나 간과 같은 더 큰 크기의 Snout을 사용하는 경우와 실제 Compensator의 제작과 관련해서 Smooth Thickness가 작용하는 부분에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

참고문헌

1. Dae Yong Kim, Sung Yong Park: Proton Beam Therapy, J Korean Med Assoc 2008;51:638-642
2. Wioletta Wieszczycka Waldemar H. Scharf: Introduction, Proton Radiotherapy Accelerators, 1st ed, Singapore;World Scientific Publising Co. Pte. Ltd 2001;1-23
3. Petti PL: New compensator design options for charged-particle radiotherapy, Phys Med Biol 1997;42:1289-1300
4. Urie M, Goitein M, Wagner M: Compensating for heterogeneities in proton radiation therapy, Phys Med Biol 1984;29:553-566
5. Wagner MS: Automated range compensation for proton therapy, Med Phys 1982;9:749-752
6. Zhao Q, Wu H, Das I: Quality assurance of proton compensators, World Congress on Med Phys Biomed Eng 2013;39:1719-22
7. Art A. Tabibian, Adam P, Keith D: Is there a clinical benefit with a smooth compensator design compared with a plunged compensator design for passive scattered protons, Med Dosimetry 2015;40:37-43

Abstract

Dose comparison according to Smooth Thickness application of Range compensator during proton therapy for brain tumor patient

Department of Proton Therapy Center, National Cancer Center, Goyang, Korea

Kim Tae Woan, Kim Dae Woong, Kim Jae Weon, Jeong Kyeong Sik

Purpose : Range Compensator used for proton therapy compensates the proton beam dose which delivers to the normal tissues according to the Target's Distal Margin dose. We are going to check the improvement of dose on the target part by comparing the dose of PTV and OAR according to applying in different method of Smooth Thickness of Range Compensator which is used in brain tumor therapy.

Materials and Methods : For 10 brain tumor patients taking proton therapy in National Cancer Center, Apply Smooth Thickness applied in Range Compensator in order from one to five by using Compensator Editor of Eclipse Proton Planning System (Version 10.0, Varian, USA). The therapy plan algorithm used Proton Convolution Superposition (version 8.1.20 or 10.0.28), and we compared Dmax, Dmin, Homogeneity Index, Conformity Index and OAR dose around tumor by applying Smooth Thickness in phase.

Results : When Smooth Thickness was applied from one to five, the Dmax of PTV was decreased max 4.3%, minimum at 0.8 and average of 1.81%. Dmin increased max 1.8%, min 1.8% and average. Difference between max dose and minimum dose decreased at max 5.9% min 1.4% and average 2.6%. Homogeneity Index decreased average of 0.018 and Conformity Index didn't had a meaningful change. OAR dose decreased in Brain Stem at max 1.6%, min 0.1% and average 0.6% and in Optic Chiasm max 1.3%, min 0.3%, and average 0.5%. However, patient C and patient E had an increase each 0.3% and 0.6%. Additionally, in Rt. Optic Nerve, there was a decrease at max 1.5%, min 0.3%, and average 0.8%, however, patient B had 0.1% increase. In Lt. Optic Nerve, there was a decrease at max 1.8%, min 0.3%, and average 0.7%, however, patient H had 0.4 increase.

Conclusion : As Smooth Thickness of Range Compensator which is used as the proton treatment for brain tumor patients is applied in stages, the resolution of Compensator increased and as a result the most optimized amount of proton beam dose can be delivered. This is considered to be able to irradiate the equal amount at PTV and reduce the unnecessary dose applied at OAR to reduce the side effects.

Keyword : Proton Treatment, Range Compensator, Smooth Thickness