放治技學會誌 第11券 第1號 1999年

분할정위적 방사선치료에 사용되는 환자고정장치의 개발 및 정확도 평가

서울대학교병원 치료방사선과

이 제 희 · 박 진 홍 · 박 흥 득

Ⅰ. 서 론

뇌 속에 존재하는 병소에 대한 방사선치료를 시행할 경우에는 많은 양의 방사선이 병소에만 집중적으로 조사될 수 있도록 하며 주위의 건강한 조직에는 최소의 선량이 조사되어 방사선에 의한 부작용을 최소화하는 것이라 할 수 있다. 현재 이에 대한 다양한 연구가 진행되고 있으며, 이중 임상에서 널리 사용되고 있는 치료법으로는 선형가속기를 이용하는 방법과 감마나이프를 이용하는 방법 등이 있다.

선형가속기를 이용한 치료법인 정위적방사선수술은 다른 방사선시술 방법들과 마찬가지로 두개강내의 동정맥기형에서 높은 치유율을 보이고 있으며 양성 및 악성 뇌종양의 치료에도 이용되고 있다. 이 치료법은 1951년 스웨덴의 Lecksell에 의해 처음 소개되었으며, 1970년 Steiner가 감마나이프를 이용하여 동정맥기형에 대한 첫 방사선수술을 시행하였으며 이후 선형가속기의 보급 확대와 보조기구들의 개발로 인하여 전세계적으로 많은 시도와 연구가 꾸준히 이루어지고 있다.

선형가속기를 이용한 정위적 방사선수술은 감마나이프나 중하전입자를 이용한 방사선수술에 비해 비용이 적게 들고 범용성이 좋은 장점이 있다. 그러나 설치과정이 복잡하고 지속적인 Q.A(Quality Assurance)가 요구되는 단점도 있다. 특히 여러 개의 선속중심축을 이용하여 불규칙한 모양의 종양을 등선량곡선내에 포함시키고 인접위험장기의 선량을 줄여주는 방사선치료 시행이 성공의 관건인 것이다.

이에 본원에서는 1994년에 선형가속기를 이용한 정위적 방사선수술 시스템을 개발하여 1997년 10월까지 95명의 환자에 대한 치료가 시행되었으며, 뇌종양에 대해 병소의 위치가 생명중추에 인접하여 있거나 다른 전신질환과 함께 있어 종양의 수술적 제거가 어려운 경우, 수술후 잔류 병소가 남아있거나 재발된 경우, 또는 종래에 해오던 방사선치료에도 불구하고 잔류 병소가 남아있거나 환자가 수술을 거부할 경우 등에서는 생물학적 장점을 이용한 분할방사선치료가 시행된다. 이는 수술이나 유사한 다른 치료와 비교하여 동일한 치료효과를 얻으면서도 간편하고 비침습적이며 또한 상대적으로 치료 경비가 저렴함으로 최근 방사선 치료장비 및 치료계획 프로그램의 개발과 함께 그 치료성적에 관심이 증대되고 있다.

정위적방사선수술의 경우 나사못을 이용한 두개골을 고정, 좌표계를 통한 간접적인 치료위치 조준으로도 충분하였으나, 최근 증가추세를 보이고 있는 분할정위적 방사선치료(fractionated stereotactic radiotherapy:FSRT)의 경우에는 비침습적 고정기구를 사용하여 분할조사를 시행하기 때문에 매 치료 시마다 발생되는 환자의 치료위치 오차가 발생하게 된다. 따라서 서울대병원에서 개발한 분할정위적 방사선치료용 환자고정장치의 정확성을 평가하고자 한다.

Ⅱ. 대상 및 방법

1997년 9월부터 1998년 12월까지 총 30명의 환자

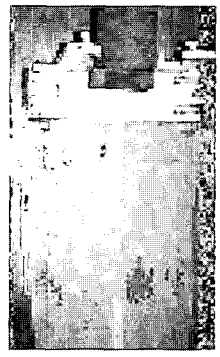
(뇌종양:14명, 전이성뇌종양:12명, 기타:4명)를 대상으로 개발된 비침습적 환자고정장치를 이용하여 분할정위적 방사선치료를 시행하여 정확도를 평가하였다.

본 연구에 사용된 방사선치료시스템은 치료기기(CLNAC 2100C, 6MV), 정위장치(Fischer system: head ring, 전산화단층촬영용 좌표계, 혈관촬영용 좌표계)와 FSRT용 콜리메이터, 치료위치 표시계, 치료계획용프로그램(서울나이프), 흉부를 지지시켜주는 Mev-Green을 이용한 흉부지지대, 두부를 고정시켜주는데 필요한 Aquaplasta와 bite-block, 그리고 정확도 평가를 위하여 선속중심축 표시계와 혈관조영필름스캔 프로그램 등으로 구성되어 있다.

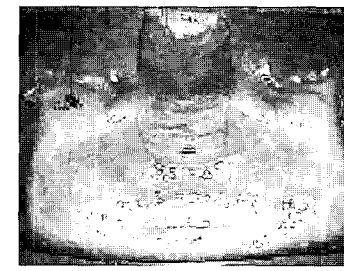
1. 환자 시뮬레이션

방사선치료를 시행할 때와 같은 환자의 위치잡이를 위하여 전산화단층촬영을 하기에 앞서 시뮬레이션을 시행하는데 선형가속기의 테이블에 환자를 고정시키기 위하여 아크릴로 제작된 판(그림1.)을 부착시킨다. 이는 어떠한 상황에서도 환자의 중심 축과 선속 중심축을 일치시키는데 도움을 주고 치료에 필요한 모든 환자고정장치들을 테이블과 연결시켜주는 역할을 한다.

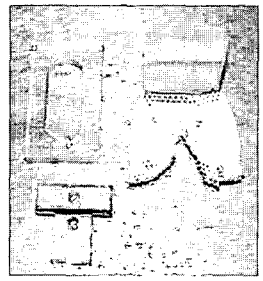
매일 반복되는 분할 뇌정위 방사선치료에 있어서 중요한 것은 환자의 편안한 자세 재현과 유지에 있다. 치료가 시행되는 동안 환자의 안정된 자세고정을 위해 Mev-Green을 사용하여 흉부지지대(그림2.)를 만들었다. 그리고 두부를 고정시켜주는데 탁월한 턱관절 고정을 위하여 자체 고안된 bite-block(그림3.)을 이용하여 치아모형을 만들고, 마지막으로 Aquaplasta(그림4.)를 사용하여 두부를 견고히 고정시켰다. (그림 5.)



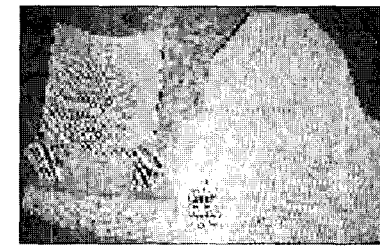
< 그림 1. 환자고정 아크릴 판 >



< 그림 2. 흉부지지대 >



< 그림 3. Bite block >



< 그림 4. 두부고정기구 >

2. 치료계획

전산화단층촬영용 좌표계를 Head ring에 고정시켜 전산화단층 촬영을 하고 여기서 얻어진 환자 정보(C-T 필름)를 3차원적 치료계획용프로그램(서울나이프)에 입력시켜 치료효과가 가장 좋은 치료계획좌표를 구한다.

3. 분할정위적 방사선치료

선형가속기의 머리부분에 분할정위적 방사선치료용 콜리메이터(그림 6.)를 장착시키고 환자고정용 장치를 테이블에 고정시킨다. 치료계획용 프로그램에 의하여 얻어진 치료좌표를 치료위치 표시계(그림 7.)에 표시하고 치료를 시행한다. 보통 치료는 5~6회의 회전조사를 이용하여 15~25Gy를 10~20회 분할 치료한다.

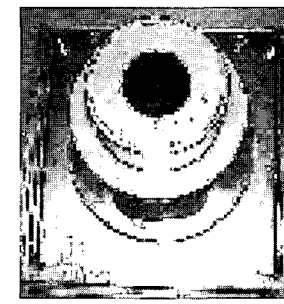
4. 정확도 평가

계획된 좌표와 치료좌표의 일치성을 확인하기 위하여 혈관촬영용 좌표계(그림 8.)를 Head ring에 고정시키고 분할정위적 방사선치료용 콜리메이터에 선속중심축 표시계(그림 9.)를 부착시켜 P-A, R-L필름(L-gram)을 촬영한다. 촬영된 조사야확인 촬영필름을 치료계획용프로그램 내에 있는 혈관조영필름스캔 프로그램에 입력시켜 치료좌표를 산출(그림 10.)하고 계획좌표와 비교하여 정확도를 평가하였다.

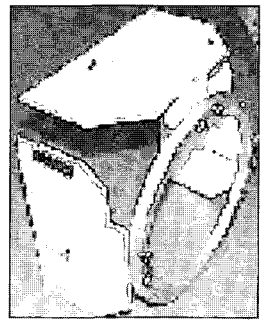
Ⅲ. 결 과

본원에서 개발한 비침습적 환자고정장치를 이용하여 총30명의 환자들에게 부할저위적 방사선치료를 시행하였으며, 치료후 조사야확인촬영으로 나타난 치료좌표를 계획된 좌표와 X,Y,Z축의 3차원으로

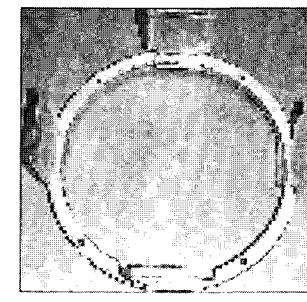
<그림 5. 두부고정기구의 완성된 모습>



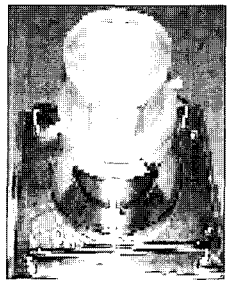
<그림 6. 콜리메이터>



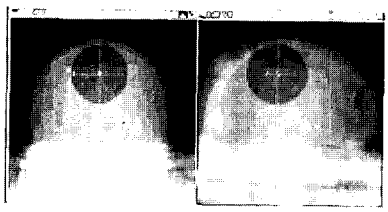
<그림 7. 치료위치 표시계>



<그림 8. 혈관촬영용 좌표계>



<그림 9. 선속중심축 표시계>



<그림 10. 치료좌표 산정을 위한 L-gram>

비교하였다, 실험결과는 조사대상이 전반적으로 정확한 치료좌표로 나타 났으나 Z축(superior-inferior) 방향으로는 많은 오차율을 나타내었다.

2mm이내의 3차원적 오차를 보인 환자가 24명(80%), 2-3mm의 오차는 5명(16.7%), 3-4mm의 오차는 1명(3.3%)으로서 전체환자를 대상으로는 2mm(±0.58, ISTD)이내의 오차(표1)를 보였다.

본원에서 개발한 분할정위적방사선치료시스템은 치료계획오차와 치료조준오차 그리고 환자고정오차를 합산하여 2MM이내의 오차율로 분할정위적방사선치료를 시행할수 있었다.

<표 1. 계획좌표와 치료좌표의 오차 평균/표준편차>

증례수		Target			DEV			DEV,T	비 고
		A-P	L-R	S-I	AP	Lat	SI		
#1	CT	0.70	-1.40	2.20					bite block
	L-gram	0.74	-1.48	2.21	0.04	-0.08	0.01	0.09	사용못함
#2	CT	1.60	-1.64	4.87					bite block
	L-gram	1.69	-1.62	4.73	0.09	0.02	-0.14	0.17	사용못함
#3	CT	3.40	1.70	11.40					
	L-gram	3.29	1.69	11.27	-0.11	-0.01	-0.13	0.17	
#4	CT	1.60	3.20	8.50					
	L-gram	1.74	3.19	8.29	0.14	-0.01	-0.21	0.25	
#5	CT	4.10	-1.40	5.60					
	L-gram	4.05	-1.35	5.46	-0.05	-0.05	-0.14	0.16	
#6	CT	0.70	0.90	1.00					
	L-gram	0.61	0.89	0.89	-0.09	-0.09	-0.11	0.14	
#7	CT	4.55	-0.04	7.60					
	L-gram	4.58	-1.02	7.40	0.03	0.03	-0.20	0.20	
#8	CT	0.10	1.80	5.00					
	L-gram	0.08	1.77	4.93	-0.02	-0.02	-0.07	0.08	
#9	CT	2.60	0.30	3.20					
	L-gram	2.67	0.39	3.10	0.07	0.07	-0.10	0.15	
#10	CT	3.20	0.60	5.20					
	L-gram	3.31	0.62	5.01	0.11	0.11	-0.19	0.22	
#11	CT	0.20	-2.70	7.80					
	L-gram	0.27	-2.75	7.73	0.07	-0.05	-0.07	0.11	
#12	CT	0.50	0.80	6.40					
	L-gram	0.66	1.09	6.07	0.16	0.29	-0.33		
#13	CT	3.85	-1.00	8.70					
	L-gram	4.01	-0.92	8.62	0.16	0.08	-0.08	0.20	
#14	CT	2.30	4.40	5.20					
	L-gram	2.10	4.48	5.05	-0.20	0.08	-0.15	0.26	
#15	CT								L-gram
	L-gram								촬영못함
#16	CT	1.30	4.30	11.80					
	L-gram	1.03	4.23	11.64	-0.27	-0.07	-0.16	0.32	
#17	CT	4.00	-1.10	11.10					
	L-gram	3.78	-1.14	10.89	-0.22	-0.04	-0.21	0.31	
#18	CT	5.30	-1.00	6.90					
	L-gram	5.53	-0.96	6.76	0.23	0.04	-0.14	0.27	
#19	CT								L-gram
	L-gram								촬영못함
#20A	CT	1.70	-0.20	12.20					
	L-gram	1.61	-0.25	12.00	-0.09	-0.05	-0.20	0.22	
#20B	CT	5.60	0.30	10.60					
	L-gram	5.50	0.21	10.47	-0.10	-0.09	-0.13	0.19	
#21	CT	1.40	-0.90	6.00					
	L-gram	1.55	-0.94	5.87	0.15	-0.04	-0.13	0.20	
#22	CT	0.20	-2.00	11.00					
	L-gram	0.29	-2.07	10.97	0.09	-0.07	-0.03	0.12	
#23	CT	1.50	-4.00	4.20					
	L-gram	1.59	-3.97	4.08	0.09	-0.03	-0.12	0.15	
#24	CT	-2.10	-2.20	13.10					
	L-gram	-0.97	-0.35	12.90	0.13	-0.15	-0.20	0.28	
#25A	CT	-4.10	-2.60	4.20					
	L-gram	-4.05	-2.56	4.04	0.05	0.04	-0.16	0.17	
#25B	CT	-0.60	4.60	7.30					
	L-gram	-0.45	4.67	7.12	0.15	0.07	-0.18	0.24	

Ⅳ. 결론 및 고찰

본 실험에서는 고정기구(bite block)의 사용에 따른 오차율은 크게 나타나지 않았으며, L-gram을 미실시한 경우는 병소의 위치가 촬영에 적절하지 못하여 시행하지 못하엿으며 이에 대한 새로운 촬영방법의 연구가 있어야 할 것으로 사료된다.

분할정위적 방사선치료는 매일 계획된 위치에 방사선을 분할 조사하여야 하는 정확성이 중요시되는 치료방법이며, 입원이 필요치 않고 통원치료가 가능하다.

따라서 반복되는 환자 고정장치의 오차를 최대한 줄일 수 있고, 그 정확도를 직접 확인 할 수 있는 방법이 고안된 상황에서만 치료가 시행될 수 있는 것이다.

3차원적으로 계획된 방사선량분포가 치료하고자 하는 범위 안에 일치하여야 하며 밖에서는 급격히 감소하여야 한다. 이러한 상태를 유지하기 위하여 지속적인 Q.A를 시행하여야 하며, 시삭이나 뇌간등이 치료 범위로부터 수 mm이내에 위치할 경우는 선량분포가 치료계획과 차이가 생길 경우 큰 장애를 가져올 수도 있으므로 이 과정이 더욱 중요해진다.

따라서 분할방사선 치료시 선속 중심의 치료위치에서의 확인을 통해 우리가 사용하고 있는 방사선치료 시스템의 정확성을 확인할 수 있었으며, 실제 환자의 치료시 이러한 방법(조사야 확인 촬영)으로 선속 중심의 정위적 좌표를 직접 확인하므로 써 치료시의 여러 예상치 못한 실수나 오차의 가능성을 줄이고 치료의 정확성과 안정성을 높일 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Gill SS, Thomas DGT, Warrington AP, Brada M. Relocatable frame for stsrotactic external beam radiotherpy. lnt j Radiat Oncol Biol Phys 1991;20:599-603
2. Siddon RL, Barth NH. Stereotatice localization of intracranial targets. lnt j Radiat Oncol Biol Phys 1987;13:1241-1246
3. Otto K, Fallone BG. Frame slippage verification in stereotatice radiosurgery. lnt j Radiat Oncol Biol Phys 1998;41:199-205
4. Schell MC, Wu A. External beam stereotatice radiosurgery physics. ln: smith AR, ed Radiation Therapy Physics. 1st ed. New York, NY : springer-Verlag 1995:193-207
5. Podgorsak EB, et al. Dynamic stereotatic radiosurgery.lnt j Radiat Oncol Biol Phys 1988;14:115-125
6. Lutz W, Winston KR, Maleki N. A system for stereotatic radiosuegery with a liner accelerator, lnt j Radiat Oncol Biol Phys 1988;14:373-381
7. Colombo F, Benedetti A, Pozza F, et al. External stereotatic irradiation by linear accelerator. Neurosurgery 1985;16:154-160
8. Coy SR, Houd다 PV. Radiosurgery treatment planning. Seminars in Radiation Oncology 1995;5:213-219
9. Lunsford LD, Flickering JC, Linder G, et al. Stereotatic radiosurgery of the brain using the first United Staes 201 cobalt-60 source gamma knife. Neurosurgery 1989;24:151-159