大韓治療放射線科學會誌 : Vol. 2, No. 1, 1984

TAO Applicator를 이용한 子宮頸癌 腔內照射時의 線量計算에 관한 考察

漢陽大學校 醫科大學 放射線科學敎室

金 哲 秀·金 楨 鎭

=Abstract=

A Study on Dose Calculation in Intracavitary Radiotherapy of the Carcinoma of the Uterine Cervix with TAO Applicator

Chul Soo Kim, M.D., Jung Jin Kim, M.D.

Department of Radiology, Hanyang University Hospital

Various methods are available for determination of exposure time in intracavitary radiotherapy of the carcinoma of the uterine cervix. To determine the accuracy of dose calculation with isodose curve for TAO applicator, comparison with results calculated by computer for radiotherapy treatment planning was done in 24 procedures done in 12 consecutive patients with the carcinoma of the uterine cervix from May to December, 1983.

The results are as follows:

1. The average dose rate per hour of point A was 87.70 rad, being 89.91 rad and 85.49 rad in left and right, respectively.
2. The average percentage of dose rate of point A calculated by isodose curve method over that by computer was 101.28% and the difference was less than 5% in 17 procedures and over 10% in only 3 procedures.
3. The average percentage in case of point B was 108.67%.

In conclusion, in most cases the difference was less than 200 rad for point A and less than 100 rad for point B during 2 courses of intracavitary radiotherapy. And so the dose rate calculation with isodose curve for TAO applicator is comparatively accurate.

서 론

자궁경암의 腔內방사선치료시 선량분포를 결정하는 방법은 크게 나누어 A점과 B점의 선량을 기준으로 계산하는 Manchester 법[1]과 radium이나 cesium의 총량(mg-Ra equivalent)과 照射시간의 積(mg·hr) 또는 최대조사시간을 정하여 이용하는 Fletcher 방식[3]으로 나눌 수 있다. 근래에는 腔內線源의 배열에 따른 等線量曲線을 이용하기도 하고 또 방사선치료계획용 computer의 응용이 보편화되면서 A점과 B점의 선량을 기준으로 하는 Manchester 법을 이용하는 경향이 증가되고 있다.

이에 저자들은 한양대학교의과대학 부속병원 치료방사선과에서 치료받은 자궁경암환자 중 12명에서 TAO applicator를 이용하여 24회(환자당 2회)의 腔內치료를 시행하고, 등선량곡선을 이용하여 산출한 A,B점의 시간당 선량율을 치료계획용 computer(美國 Artronics 社製, Model PC-12)를 이용하여 계산한 선량율과 비교분석하였으며 등선량곡선을 이용한 선량계산이 비교적 정확하여 실제 임상치료에 적용하기에 문제될만한 점이 없음을 확인하였기에 여기 보고하는 바이다.

대상 및 방법

1983년 5월 28일부터 동년 12월 2일 사이에 한양대학교의과대학 부속병원 치료방사선과에서 자궁경암의 근치적 치료를 목적으로 강내치료를 시행한 12명의 환자를 대상으로 하였다.

모든 환자는 강내조사전에 외부방사선조사를 받았으며 외부조사는 Cobalt-60 원격치료장치를 이용하여 선원피부간거리 80 cm, 조사야크기 15×15 cm 기준으로 전후방 평행 2문조사를 실시하여 전골반에 4,000~4,600 rad 를 조사하였다.

腔內조사는 TAO applicator(日本, 健光社製, Fig. 1참조)와 Cesium-137 밀봉소선원(英國, The Radium Chemical Center, Amersham)을 사용하였으며 선원 1개의 방사능은 Radium 20 mg 當量에 해당하였다. 자궁강의 길이에 따라 applicator의 tandem에 2개 또는 3개의 선원을 삽입(Fig. 2 A, 2 B참조)하였고 ovoid에는 좌우 각 1개씩의 선원을 삽입하였으며 모든 환자에서 7~12일 간격으로 2회씩 시행하였다.

TAO applicator에 Cesium-137 밀봉소선원과 동일한 模擬선원을 삽입하고 X선촬영을 하였다. A-P X선사진(Fig. 2·Ⅱ참조)은 초점필름간 거리를 환자의 전후면 두께의 5배로 하여 X선사진의 확대율이 10%가 되도록 하였고 이는 이용하는 등선량곡선이 10% 확대율로 작성되었기 때문이다(Fig. 4). 또 측면 X선사진으로 tendem이 수평면과 이루는 角度를 측정하여(Fig. 3참조) 0° 15° 30°등의 적합한 등선량곡선 중에서 택일한다.

전후 및 측면 X선촬영시에 확대율측정용 圓形금속고리를 사용하여 전후 및 측면의 확대율을 계산하였다.

전후 X선사진에서 자궁경부의 external os에 맞쳐진 소형금속고리를 기준하여(Fig. 2·Ⅰ참조) A점과 B점을 설정하였다. 여기에 tandem과 ovoid선원에 의한 A, B점의 선량율을 합산하여 각점에서의 선량율을

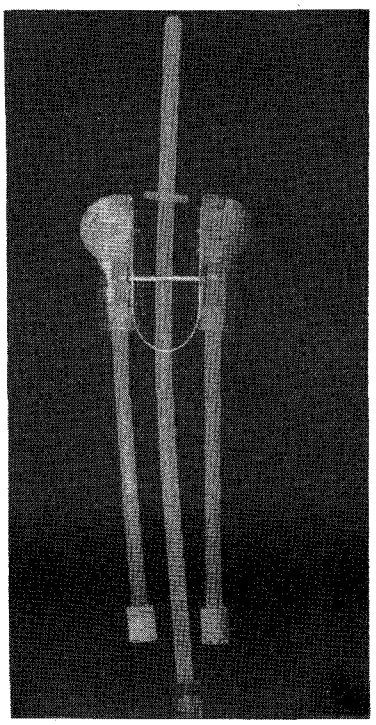

Fig. 1. A-P View of TAO Applicator in Inserted Position.

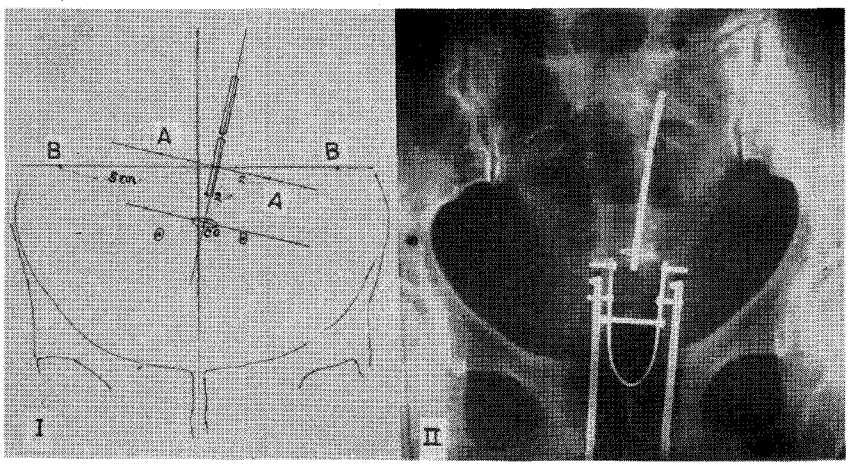

Fig. 2. Ⅰ: Schematic drawing of A and B points.
Ⅱ: A-P X-ray picture of TAO Applicator with Dummy Sources.

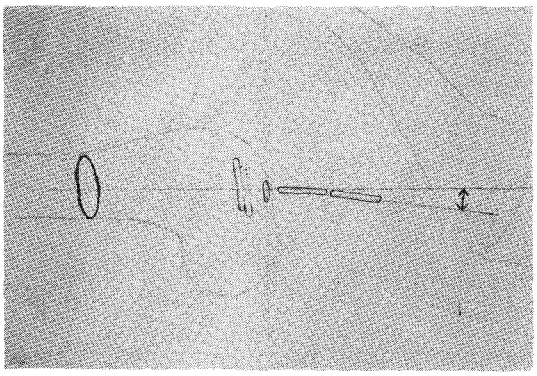

Fig. 3. Schematic Drawing of Measuring the Angle between the Axis of Tandem and Horizontal Plane.

구하였다.

다시 전후 및 측면 사진에서 각 선원의 위치를 측정하고 이를 치료계획용 computer에 入力하여 동일한 방법으로 설정한 A,B점의 선량율을 계산하였으며 등선량곡선을 이용하여 산출한 선량율과 computer로 보여준 각점의 선량율을 각각의 환자에서 비교검토하였다.

결 과

TAO applicator를 위한 등선량곡선을 이용하여 산출한 선량율은 A점의 경우 좌우평균치는 시간당 87.70 rad이었고 우측이 85.49 rad, 좌측이 89.91 rad로서 좌측이 약간 높은 것을 알 수 있었으며 각각의 예에서 A점의 선량율을 computer계산에 의한 선량율로 나눈 백분율은 우측이 102.08%, 좌측이 100.51%로서 좌우평균 101.28%로 나타났다. 좌우측 A점의 선량율의 평균치는 24례중 17례에서 5%미만의 차이를 보였고 10%이상의 차이를 보인 경우는 3례에 불과하여 등선량곡선에 의한 선량율산출시의 차이는 매우 적은 것을 알 수 있었다.

이에 비하여 B점의 선량율은 A점에 비하여 그 차이가 큰 것으로 나타났다. 즉 등선량곡선이용시 우측이 25.35 rad, 좌측이 26.18 rad이었으며 좌우 평균치는 25.77 rad이었고 computer에 의한 계산에 대한 백분율은 우측 108.54%, 좌측 108.80%, 좌우평균 108.67%로서 약 9%정도 높은 것을 알 수 있었다(Table 1 참조).

이상의 결과에서 실제 환자에 조사되는 방사선량으로 환산하면 강내조사시 A점의 방사선량을 4,000 rad로 할 경우 그 차이는 평균 47.2 rad이며 5%일 경우에는 200 rad에 해당하므로 실제 임상치료에는 별 문제가 없을 것으로 생각되며 B점의 선량은 강내조사량 1,175 rad에 대하여 평균 101.9 rad의 차이에 해당하여 A점에서의 선량차이보다 오히려 적음을 알 수 있었다.

고 찰

자궁경암의 방사선치료시 병기에 따라 적정량의 외부조사와 강내조사를 실시하여야함은 주지의 사실이다. 골반전체의 외부조사에 있어서는 조사야를 결정하는데 약간의 차이가 있을 뿐 선량계산은 특별한 문제

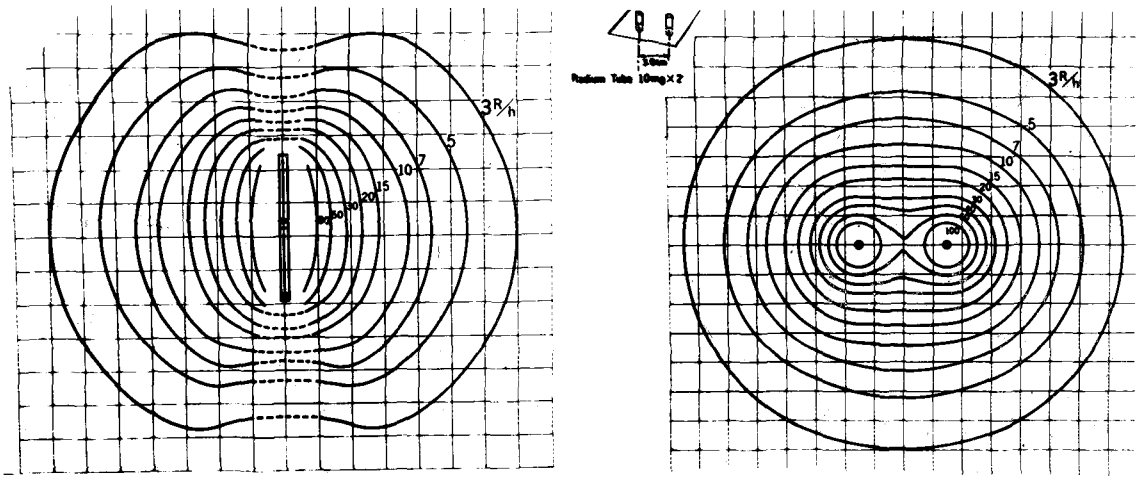

Fig. 4. Isodose curves for tandem(left) and ovoid(right). The distance between the horizontal lines and vertical ones are 1.1 cm each(10% enlargement).

Table 1. Comparison of Dose Rate Calculated from Isodose Curve and by Computer

Case	Point A(Rt)			Point A(Lt)			Point A(Rt+Lt)/2			Point B(Rt)			Point B(Lt)		
	*I	**C	I/C	*I	**C	I/C	*I	**C	I/C	*I	**C	I/C	*I	**C	I/C
1. 1 st	70	68.87	101.64	78	75.56	103.23	74	72.215	102.47	20.6	20.81	98.99	21.2	19.90	106.53
2 nd	92	83.37	110.32	90.4	94.24	95.92	91.2	88.81	102.69	27.8	26.12	106.43	26.2	24.21	108.22
2. 1 st	89	80.74	110.23	113	117.12	96.48	101	98.93	102.09	25.7	23.21	110.73	25.5	22.24	114.66
2 nd	79	78.24	100.97	79	80.49	98.15	79	79.365	99.54	25.2	21.96	114.75	25.2	21.62	116.56
3. 1 st	82	96.12	85.31	80	87.62	91.30	81	91.87	88.17	36.6	33.71	108.57	20.4	19.04	107.14
2 nd	78	78.24	99.69	72	75.12	95.85	75	76.68	97.81	26.6	24.06	110.56	19.2	17.65	108.78
4. 1 st	87	88.12	98.73	78	79.87	97.66	82.5	84.00	98.15	28.0	25.09	111.60	21.4	19.31	110.82
2 nd	95	92.74	102.44	85	82.00	103.66	90	87.37	103.01	24.0	22.37	107.29	22.4	20.49	109.32
5. 1 st	68	72.68	93.56	80	79.62	100.48	74	76.15	97.18	18.6	16.42	113.28	28.0	25.93	107.98
2 nd	72	73.12	98.47	80	83.37	95.96	76	78.25	97.12	18.2	18.09	100.61	26.6	24.49	108.62
6. 1 st	79.2	71.31	111.06	79	74.37	106.23	79.1	72.84	108.59	21.6	19.23	112.32	24.0	21.62	111.01
2 nd	77	76.49	100.67	82	77.24	106.16	79.5	76.87	103.42	21.6	20.27	106.56	22.6	20.65	109.44
7. 1 st	104	93.00	111.83	89	80.24	110.92	96.5	86.62	111.41	21.2	16.81	126.12	29.4	29.77	98.76
2 nd	131	113.74	115.17	107	110.87	96.51	119	112.31	105.96	21.8	21.18	102.93	44.0	40.87	107.66
8. 1 st	94	76.18	123.39	110	110.00	100.00	102	93.09	109.57	26.8	23.74	112.89	22.8	18.54	122.98
2 nd	95	99.49	95.49	128	116.62	109.76	111.5	108.06	103.18	30.0	24.90	120.48	28.6	21.77	131.37
9. 1 st	84	90.24	93.09	90	96.87	92.91	87	93.56	92.99	20.2	20.49	98.58	39.0	35.03	111.33
2 nd	81.6	89.62	91.05	88	93.12	94.50	84.8	91.37	92.81	20.0	19.10	104.71	42.6	37.37	114.00
10. 1 st	86	86.74	99.15	92	92.24	99.74	89	89.49	99.45	29.0	26.87	107.93	25.6	23.46	109.12
2 nd	81	69.18	117.09	90	77.18	116.61	85.5	73.18	116.84	23.6	21.71	108.71	22.0	19.49	112.88
11. 1 st	69	71.56	96.42	89	87.12	102.16	79	79.34	99.57	18.0	17.57	102.45	26.8	24.96	107.37
2 nd	87	91.00	95.60	104	102.49	101.47	95.5	96.745	98.71	23.4	22.93	102.05	34.0	31.37	108.38
12. 1 st	87	87.87	99.01	90.4	92.74	97.48	88.7	90.31	98.22	40.8	38.09	107.11	15.4	18.06	85.27
2 nd	84	84.37	99.56	84	84.74	99.13	84	84.56	99.34	39.2	35.90	109.19	15.4	18.53	83.11
Average			102.08			100.51			101.18			108.54			108.80
SD			9.07			6.04			6.26			6.45			9.76

*By Isodose curve **By Computer

가 없다. 그러나 강내조사시의 선량계산 및 외부조사량과의 합산에 있어서는 강내치료 applicater가 다양하고 선원의 배열에 따라 선량율에 차이가 있으며 특히 원격조정방식과 통상적인 방법사이에는 커다란 차이가 있다. 또한 조사시간을 결정함에 있어서는 A점과 B점을 기준으로 선량율을 계산하는 방법과 radium 또는 cesium의 총량과 시간의 곱(mg Ra eq×hr=mg·hr) 및 최대조사시간을 기준으로 하는 방법이 있다. 후자의 경우에는 환자개인 및 시술자에 따른 차이가 거의 고려되지 않는다는 단점이 있으며 따라서 근래에는 A점과 B점의 선량을 계산하는 방식이 더 많이 쓰이는 경향이다.

A점의 위치는 尿管과 자궁동맥이 교차하는 부위로서 paracervical tissue가 받는 선량을 의미하며 이 부분의 최대허용선량은 외부조사량과 강내조사선량을 합하여 8,000 내지 8,500 rad로 알려져 있다. 이러한 A점은 원래 膣 fornix의 頂點에서 2 cm 上方, 자궁의 軸에서 2 cm 側方에 위치하는 것으로 제안[3]되었으나 膣의 fornix의 정점보다 위치의 변화가 없는 자궁의 external os를 기준으로 이용하는 경우가 많으며 때로는 tandem에 삽입한 선원의 下端部를 기준으로 하기도 한다[4]. 저자들은 위치가 一定한 external os를 기준으로 하여 조사선량을 계산하는 TAO방법을 채택하였다.

B점은 기준점에서 상방 2 cm, 신체중심선에서 5 cm 側方에 위치하며 이는 골반의 側壁 또는 골반임파선에 조사되는 선량을 계산하는 기준점으로 이용되고 이 점의 치료허용선량은 대체로 6,500 rad 전후로 알려져 있다.

이와 같은 A점과 B점의 방사선조사량을 계산하는 방법은 A, B점과 선원과의 기하학적 위치관계를 전후 및 측면X선 사진에서 측정하여 각점에 조사되는 선량율을 계산하여야 하며 이때 자료를 computer에 입력시켜 이를 이용하면 단시간에 계산해 낼 수가 있다.

그러나 이러한 계산에 이용되는 치료계획용 computer는 비교적 고가의 장비이며 전후 및 측면 X선 사진에서 얻은 선원배열자료를 입력하는데에도 시간이 소요된다.

저자들은 田崎등[5]이 고안한 TAO applicator와 10%확대된 각종 등선량곡선을 이용하여 腔內조사를 시행해왔으며 tandem의 선원과 ovoid의 선원이 각각 A,B점에 미치는 조사선량을 등선량곡선으로 알아내고 이들을 합하여 각점에 조사되는 선량을 구하였다. 또 TAO applicator의 tandem은 polyethylene tube로 되어 있고 ovoid는 acril樹脂로 만들었으니 유연성이 있고 용이하게 삽입할 수 있는 장점을 지니고 있다.

이를 방사선치료계획용 computer가 보여준 선량율과 비교해본 결과 A점에 있어서는 그 차이가 크지 않으며, B점에 있어서는 그 차이의 비율이 A점에 비하여 다소 높으나 B점에 가는 총 조사선량을 감안하면 임상적으로 이용하는데 적합함을 보여주고 있다. 다만 등선량곡선을 이용한 선량에는 선원배열의 전후관계가 A, B점의 선량계산에 고려되지 았은 점이 있고 또 등선량곡선의 중간점에 A,B점이 놓일 경우 판독자에 따른 선량수치결정의 개인차가 발생할 소지가 있다. 그러나 이는 등선량곡선을 이용하기에 앞서서 선량의 역자승법칙에 의한 계산법[6]으로 판독자의 개인차는 有意한 것이 못됨을 알았다. 또 이번 computer와의 비교에서도 문제될 만한 차이가 없어 등선량곡선을 이용한 선량측정 방법은 임상적 이용에 적합함을 시사하고 있다.

결 론

1983년 5월 28일부터 1983년 12월 2일까지 한양대학교 의과대학 부속병원 치료방사선과에서 자궁경암으로 방사선치료를 받은 환자중 12명에서 TAO applicator를 이용하여 시행한 24회의 강내치료시 등선량곡선을 이용하여 산출한 A, B점의 조사선량을 computer로 계산한 수치와 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. A점의 평균 선량율은 좌측이 시간당 89.91 rad, 우측이 85.49 rad로서 평균 87.70 rad이었다.

2. A점의 경우 등선량곡선법에 의한 선량율과 computer에 의한 계산과의 비는 평균 101.28%이었으며 차이는 24례중 17례에서는 5%미만이었고 10%이상인 경우는 3례에 불과하였다.

3. B점의 경우는 평균 108.67%로서 약 9%정도 높은 것으로 나타났다.

4. 따라서 실제 치료시 대부분에서 A점의 경우 200 rad, B점의 경우 100 rad정도의 차이를 보여 본 방법을 임상에 적용하는데 문제가 없음을 알 수 있었다.

REFERENCES

1. Paterson R: *The treatment of malignant disease by radiotherapy. 2nd edition: 350 Edward Arnold Ltd. London, 1963.*
2. Fletcher GH: *Textbook of radiotherapy, 3rd edition: 733 Lea & Febiger, Philadelphia, 1980.*
3. Tod MC, Meredith WJ: *A dosage system for use in the treatment of cancer of the uterine cervix. Br J Radiol 11:809, 1938.*
4. Tod MC, Meredith WJ: *treatment of cancer of the cervix uteri. A revised "Manchester Method." Br J Radiol 26:252, 1953.*
5. 田崎瑛世, 荒居龍雄, 尾立新一郎：子宮頸癌腔內照射用支持器たついて, 臨床放射線 *10:768, 1965.*
6. 金楨鎭：子宮頸癌의 放射線治療. 大韓產婦人科學會雜誌, *6:95, 1964.*