大韓治療放射線科學會誌 : Vol. 2, No. 1, 1984

유암수술후 방사선치료시 ^{60}Co γ선과 전자선 조사야 접합부 선량분포에 관한 연구

서울대학교 의과대학 방사선과학교실

강 위 생·허 승 재·하 성 환

=Abstract=

A Study on Dose Distribution at the Junction of ^{60}Co γ-Ray and Elecron Beam in Postoperative Radiotherapy of Breast Cancer

Wee Saing Kang, M.S., Seung Jae Huh, M.D., Sung Whan Ha., M.D.

Department of Radiology, College of Medicine, Seoul National University

Postoperative radiotherapy of breast cancer makes it possible to reduce loco-regional recurrence of breast cancer. The treatment technique, which can reduce the low-dose region at the junction and lung, is required.

To produce proper dose distribution of internal mammary chain and chest wall, authors tried to find the method to expose ^{60}Co γ-ray on internal mammary region and 7 MeV electron on chest wall. Exposure time of ^{60}Co and monitor unit of 9 MeV were selected so that dose of ^{60}Co at 4 cm depth was the same as that of 7 Mev electron at 80% dose depth. The position and direction of electron beam were changed for ^{60}Co beam: 0°, 5° for 0 cm seperation; 0°, 5°, 10° for 0.5 cm seperation; 5°, 10°, 15° for 1cm seperation. The results are as followings.

1. When the seperation of two fields was increased, dose on the axis of ^{60}Co beam was increased and dose at the junction region decreased while the volume of lung to be exposed to high dose and hot spot size were irregularly changed.

2. The dose distribution in the target volume of internal mammary and chest wall was most ideal when the seperation of two fields was 0~0.5cm and the direction of electron beam was parallel to ^{60}Co beam.

서 론

유방절제 수술후 방사선치료시 문제가 되는 것은 흉벽, 내유방림파절(internal mammary lymphatics), 액와림파절, 쇄골상와 림파절에 균일한 선량분포를 이루면서, 주위정상 폐조직에 선량을 극소화하는데 있다[1~7]. 일반적으로 흉벽에는 X선이나 γ선으로 경사조사하고 이외의 부위에는 X선이나 γ선으로 전방조사한다. 이런 방법으로 치료시 내유방림파절 조사야와 흉벽의 조사야가 겹치는 부위에서 과소선량부위가 존재할 수 있다[8~10]. 이문제를 해결하기 위해 여러 저자들에 의해 보고된 것은 1) 내유방림파절과 흉벽을 동일조사야에 포함시키는 방법[11~15], 2) 전자선으로 치료하는 방법으로[16~19] 양분할 수 있다. 방법 1)의 단점은 반대편유방이 과다하게 조사야에 포함될 수 있으며 또한 내유방 림파절이 조사야에서 벗어날 가능성이 있고 방법 2)의 경우에는 내유방림파절의 조사선량이 적정

* 본 논문은 1983년도 서울대학교병원 임상연구비 보조에 의한 것임.

량보다 낮을 수 있다.

저자들은 내유방림파절의 과소선량의 위험성을 피하기 위해 내유방림파절에는 ^{60}Co γ선을 전방조사하고, 흉벽에는 7 MeV 전자선을 조사하여 그 선량분포를 분석하여 두조사야 사이의 간격과 두방사선의 조사방향을 어떻게 하는 것이 적당한 가를 Humanoid 팬톰을 이용하여 실험하여 보고하는 바이다.

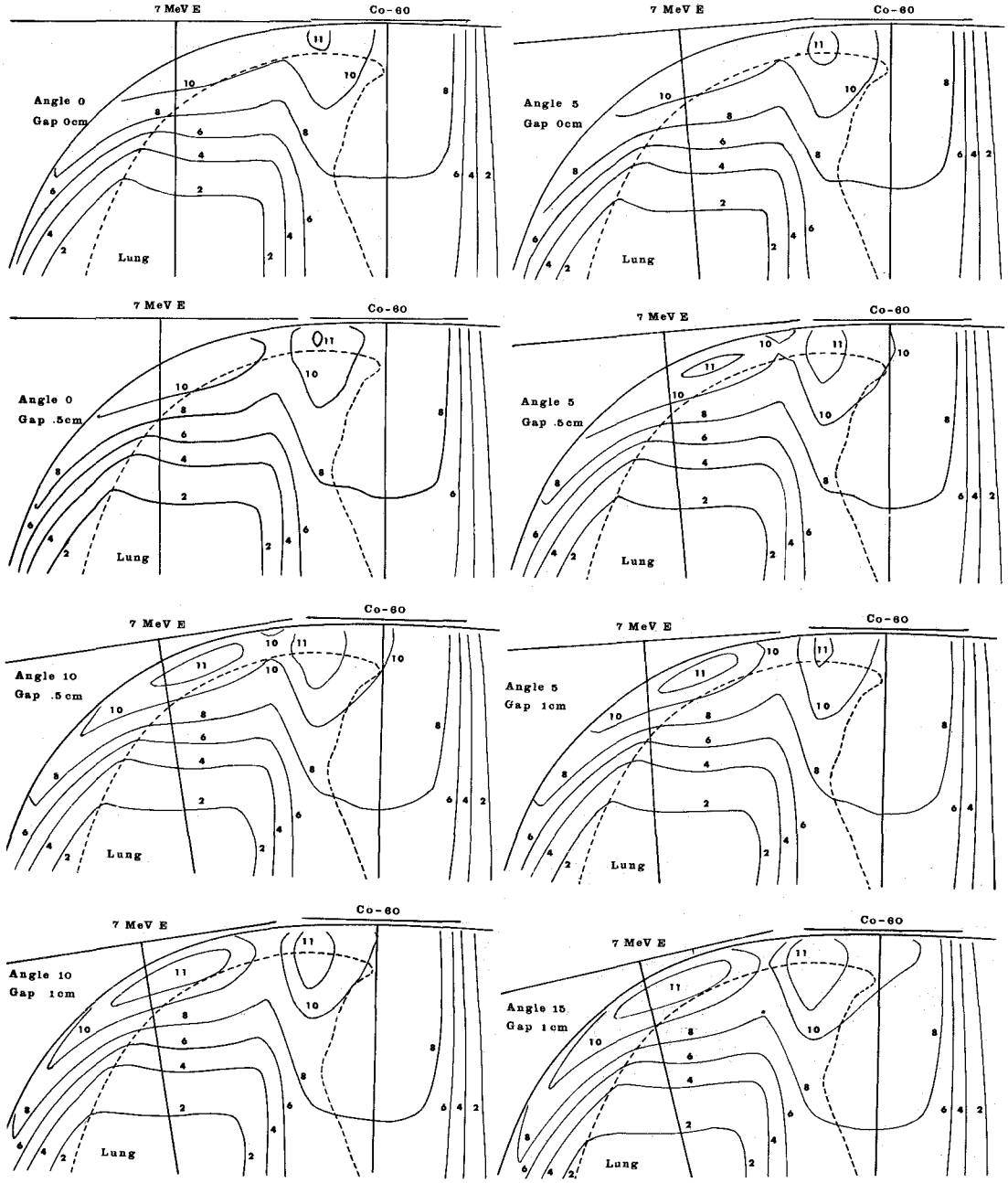

Fig. 1. Dose distribution for several combinations of ^{60}Co field and 7MeV electron on internal mammary lymphatics & chest wall.

실 험 방 법

Humanoid 팬톰(Humanetics 사제)의 흉부 절편 16번과 17번 사이에 선량측정용필름(Kodak X-Omat V-2)를 끼우고 흉곽곡면과 일치하도록 필름을 자르고 불투명 흑색 테이프로 밀폐시킨후, 팬톰절편의 단면이 선축과 평행하게 놓고 내유방림파절 조사야의 크기가 6×15 cm로 하고 ^{60}Co γ선으로 전방조사하였다. 이때 내유방림파절 조사야의 폭은 6cm로서 이미 여러저자 들에 의해 충분히 림파절을 포함한다는것은 밝혀진바있다[3]. ^{60}Co조사시 SSD는 80cm로 하였다.

흉벽조사는 조사야 12.5×15cm이고, SSD 100cm에서 전자선을 조사하였고 cone은 15×15cm 크기를 이용했다. 흉벽표면에서 전자선의 평균에너지는 7MeV로 하였는데 이것은 9MeV 전자선의 에너지를 12mm 두께의 루사이트 판으로 감소시켜서 얻었다. 루사이트 판은 상부 electron cone의 하단에 부착하였는데 이때 target에서 루사이트판 하부까지의 거리는 68.5cm이였다. 4cm 깊이에서 ^{60}Co의 흡수선량과 7MeV 전자선의 80% 선량점에서 흡수선량이 일치하도록 ^{60}Co의 조사시간과, 9Mev의 monitor unit를 정하였다. 선량분포는 PC-12 (Artronix 사제)에 의하여 구하였다.

결 과

^{60}Co γ선과 7MeV 전자선의 8가지 배합에의한 선량분포는 Fig. 1에서 보여주고 있고, 동일선량에 대하여 상대적인 값으로 등선량도가 작성되었다. 비교를 쉽게 하기 위해 a) ^{60}Co선축상에서 등선량곡선 8의 깊이, b) ^{60}Co의 SSD가 80cm인 면에서 부터 흉벽상 등선량곡선 8이 가장 뒤로간점의 거리, c) 두조사면 접합부에서 등선량곡선 8이 표면에 가장 가까운 점의 깊이, d) ^{60}Co의 선축에서부터 흉곽에서 등선량곡선 8보다 적은 선량을 받는 점까지의 최단거리, e) 선량 8이상에 포함되는 폐의면적, f) 선량 11이상을 받는 부분의 면적은 Table 1에 비교하였다. 전자선의 조사위치와 방향을 변화시켰을 때의 조사면의 내측경계에서 SSD가 단축된 정도는 Table 2와 같다.

^{60}Co의 선축상에서 선량곡선 8의 깊이는 내유방림파절에 충분한 선량이 조사될 수 있는가를 반영해주는 기준이되며 조사면간의 간격이 커질 수록, 전자선의 조사방향이 벌어질수록 깊어졌으며 그 범위는 5.6cm에서 7.2cm 사이였다.

흉벽에서 선량곡선 8이 뒤로 다다른 정도는 치료의 적정선량을 받는 범위를 나타내며, 조사면간의 간격이 변할 때 규칙성을 못찾았으며, 반면 전자선의 조사각이 커질수록 멀어졌고, 그범위는 5.6cm에서 8.5cm이었다.

두조사면의 접합부에서 등선량곡선 8이 표면에 가까운 점의 깊이는 이부위에 저선량부위가 있을 가능성과 관계가 있으며, 조사면간의 간격이 좁을수록, 전자선 조사각이 커질수록 깊어졌으며 그 범위는 2.3cm에서

Table 1. Comparison of dose Distributions of Several Combinations of ^{60}Co γ-ray and 7 MeV Electron Fields

Angle	Gap																	
	0.0 cm						0.5 cm						1.0 cm					
	a	b	c	d	e	f	a	b	c	d	e	f	a	b	c	d	e	f
	cm	cm	cm	cm	cm²	cm²												
0°	5.6	5.6	2.9	8.0	14.5	0.5	6.3	6.8	2.6	8.3	15.0	0.1						
5°	6.0	7.0	3.0	8.5	16.1	1.0	6.7	6.7	2.8	8.4	15.7	3.0	6.6	6.6	2.3	8.2	14.2	2.0
10°							6.8	7.0	3.0	8.5	16.8	5.0	7.2	8.1	2.8	8.6	17.5	4.0
15°													7.2	8.5	3.0	8.9	17.3	6.5

a : Depth of dose line 8 on the axis of Co^{60} beam
b : Distance from surface to the posterior dose line of chest wall
c : Shortest distance from surface to dose line 8 at junction
d : Distance from the axis of Co^{60} beam to the intersection of dose 8 and inner chest wall margin
e : Area of lung irradiated more than dose line 8
f : Area of hot spot larger than dose line 11

Table 2. Reduction of SSD at internal periphery of electron beam when 2.5 cm width of the internal sides of electron beam was cut

Angle	Gap		
	0.0 cm	0.5 cm	1.0 cm
0°	1.3 cm	1.4 cm	—
5°	0.8	0.9	1.3 cm
10°	—	0.7	0.7
15°	—	—	0.4

3.0 cm 이었다.

^{60}Co의 선축에서부터 흉곽에서 등선량 곡선 8보다 낮은 선량을 받는 점까지 최단거리는 적정치료선량을 받는 흉곽의 범위를 나타내는 지표로서, 조사면간의 간격의 변화에 대해 불규칙적이며, 전자선의 조사각이 벌어질 수록 멀어졌고, 그 범위는 8.0 cm 에서 8.9 cm 이었다.

선량 8 이상을 받는 폐의면적은 폐가 과다선량에 노출되는 것으로 조사면간의 간격의 변화에 따른 변화는 없으며, 전자선의 조사각이 커질수록 넓어졌다. 선량 11 이상인 부분의 면적은 과다선량 부위의 크기를 나타내며, 조사면간의 간격의 변화에 따른 규칙적 변화는 없었고, 전자선의 조사각이 커질수록 증가하였다.

고 찰

본 실험에서 조사면간의 간격을 늘렸을 때 선량분포에서 증가한 것은 ^{60}Co 선축상 선량곡선 8의 깊이였고, 감소한 것은 조사면 사이에서 등선량곡선 8이 표면에 가까운 점의 깊이이였다. 두 조사면간의 간격이 멀어질 수록 ^{60}Co선축상 선량 8의 위치가 깊어지는 것은 전자선의 유효선원에서 팬톰까지의 거리가 가까워져서 전자에 의한 선량에의 기여가 증가한 때문이다. 두조사면간의 거리가 멀어질수록 두조사면 사이의 선량곡선 8이 표면에 근접하는 것은 피넘브라부위가 서로 겹치기 때문이다. 조사면간의 간격이 변해도 선량곡선 8 이상에 포함된 폐의 면적과 11이상에 포함된 면적의 변화에서 규칙성을 찾을 수 없는 이유는 간격이 커질 때 선량이 감소하는 반면에 전자선 조사면의 내측 경계에서 SSD가 짧아져 선량이 증가되는 두 가지 상반된 현상이 공존하기 때문이다.

조사면간의 간격이 커질 때 등선량곡선 8이 후방으로 퍼지는 정도나 ^{60}Co의 선축에서부터 흉곽과 폐의 경계에서 교차점 까지 거리의 불규칙성은 변화자체가 미미해서 구별할 수 없을 정도로 오차에 영향을 받은 것 같다. 전자선의 조사방향이 ^{60}Co의 조사방향에서 멀어질 수록 모두증가하는 것은, ^{60}Co의 선축과 두조사면 사이에서 선량곡선 8의 깊이와, 선량곡선 8이상에 포함되는 폐의 면적과 선량곡선 11이상에 포함되는 부분의 면적이 증가하는 것은 두방사선의 조사면이 겹치는 때문이며 특히 ^{60}Co의 선축상 선량증가는 산란전자에 의한 선량이 증가한 때문이다. 선량곡선 8이 포함하는 흉곽의 범위가 증가하는 이유는 전자선의 외측조사부위의 SSD가 감소되었기 때문이다.

전자선의 조사위치나 조사방향을 어떻게 정하여도 내유방림파절의 선량은 개인차를 고려하지 않아도 될 정도로 충분할 수 있기때문에 폐의과다선량이나 두 조사면의 접합부의 과다선량을 감소시키면서 저선량부위를 제거할 수 있는 방법은 두 조사야의 간격은 0~0.5 cm 이고, 조사방향은 ^{60}Co의 방향과 평행하게 하는 것이다.

^{60}Co이나 7 MeV X-선으로 내유방림파절은 정면조사, 흉벽은 경사조사하는 전통적인 방법에서는 과다선량과 과소선량이 동시에 문제가 되었다. Mansfield, Svensson, Lichter, Siddon, Podgorsak 등[11~15]의 방법에 의해서 흉벽과 내유방림파절을 동일조사야내에 포함시키면 넓은 부위의 폐가 과다선량의 가능성이 있고, 내유방림파절은 과소선량의 가능성과 함께 반대편 유방에 불필요한 선량이 조사된다. 전자선으로 치료시는 내유방림파절의 깊이가 0.7~5.2 cm 인 개인차[2,3] 때문에 림파절에 과소선량의 위험이 있다. 그러나 이러한 문제등은 본실험에서의 성적과 같이 ^{60}Co γ선을 정면조사하고 7 MeV 전자선을 ^{60}Co 조사야와 0~0.5 cm 거리를 두고 정면조사하는 것이 폐의선량을 줄이면서 접합부의 과다 또는 과소선량을 피할 수 있는 방법이다.

결 론

^{60}Co γ선을 Humanoid 팬톰의 내유방림파절 정면에서 7 MeV 전자선을 흉벽에, 위치와 방향을 다르게 하여 조사하여 선량측정용 필름을 이용해 선량분포를 측정하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 두 조사면간의 간격을 증가시켰을 때 ^{60}Co의 선축상 선량은 증가하였으며 두 조사면 사이의 선량은 감소하였다. 반면에 과다 선량을 받게될 폐의 부분과 두 조사면의 접합부의 선량과 뒤쪽 흉곽의 선량의 증감에 대해서는 규칙성을 찾을 수 없었다.

2. 전자선의 조사방향이 ^{60}Co의 조사방향에서 크게

벗어날수록 위의 모든 것이 증가하였다.

3. 전자선의 조사방향이 ^{60}Co의 조사방향과 평행하고 두 조사면간의 간격이 0~0.5 cm 인 경우에 흉곽과 유방간 임파절의 바람직한 선량분포를 얻을 수 있었다.

REFERENCES

1. Host H, Brennhovd IO: *The effects of postoperative radiotherapy in breast cancer. Int J Rad Oncol Biol Phys 2:1061-1067, 1977.*
2. Fletcher GH, Montague ED: *Does adequate irradiation of the internal mammary chain and supraclavicular nodes improve survival rates? Int J Rad Oncol Biol Phys 4:481-492, 1978.*
3. Fletcher GH: *Textbook of Radiotherapy. Lea & Febiger, Philadelphia, 3rd Ed, 527-579, 1980.*
4. Bedwinek JM: *Postoperative irradiation in breast cancer. Appl Radiol 1:37-42, 1983.*
5. Ghossein NA, Stacey P, Alperts, et al: *Local control of breast cancer with tumorectomy plus radiotherapy or radiotherapy alone. Radiology 121: 455-459, 1976.*
6. Bedwinek JM, Fineberg B, Lee J, et al: *Analysis of failures following local treatment of isolated local-regional recurrence of breast cancer. Int J Rad Oncol Biol Phys 7: 581-585, 1981.*
7. Montague ED, Fletcher GH: *The curative value of irradiation in the treatment of nondisseminated breat cancer. Cancer 46: 995-998, 1980.*
8. Sause WT, Stewart RJ, Plenk HP, et al: *Late skin changes following twice-weekly electron beam radiation to postmastectomy chest walls. Int J Rad Oncol Biol Phys 7: 1541-1544, 1981.*
9. Rose CM, Kaplan WD, Marc A, et al: *Parasternal lymphoscintiygraphy: implications for the treatment planning of internal mammary lymph nodes in breast cancer. Int J Rad Oncol Biol Phys 5: 1849-1853, 1979.*
10. Beach LJ,Coffey CW, Wade SJ: *Indivisualized chest wall compensating bolus for electron irradiation following mastectomy: an ultrasound approach. Int J Rad Oncol Biol Phys 7: 1607-1611, 1981.*
11. Mansfield CM, Suntharalingam N: *Dose distribution for cobalt 60 tangential irradiation of the breast and chest wall. Acta Radiol (Ther) 12:40-46, 1973.*
12. Svensson GK, Bjärngard BE, Larsen RD, et al: *A modified three-field technique for breast treatment. Int J Rad Oncol Biol Phys 6:689-694, 1980.*
13. Lichter AS, Fraass BA, Geijn J, et al: *A technique for field maching in primary breast irradiation. Int J Rad Oncol Biol Phys 9:263-270, 1983.*
14. Siddon RL, Buck BA, Harris JR, et al: *Three-field technique for breast irradiation using tangential field corner blocks. Int J Rad Oncol Biol Phys 9:583-588, 1983.*
15. Podgorsak EB, Gosselin M, Pla M, et al: *A simple isocentric technique for irradiation of the breast, chest wall and peripehral lymphatics. Br J Radiol 57:57-63, 1984.*
16. Tapley N duV: *Clinical Applications of the Electron Beam. John Wiley & Sons, New York, 199-232, 1976.*
17. 姜渭生, 高京煥, 河星煥등 : 胸廓의 電子線 照射時 線量分布에 關한 硏究. 大韓治療放射線科學會誌 第1卷:41-45, 1983.
18. Mansfield CM, Ayyanger K, Suntharalingam N: *Clinical and dosimetric considerations in the radiation treatment of breast cancer. Radiology 120:725-726, 1975.*
19. Paliwal BR, Pocheng C, Greenberg AJ, et al: *A technique to improve the homogeneity of electron dose distribution in chest wall irradiation. Int J Rad Oncol Biol Phys 5:1889-1892, 1979.*