

## 振子角에 따르는 運動中心과 最大線量中心의 移行關係

延世大學校 醫科大學 放射線科學教室

金 貞 圭·秋 成 實·\*南 正 祐

徐 廷 鎬·崔 炳 肅

### —Abstract—

#### Movement of Isocenter by the Angulation for the Partial Rotation

C.K. Kim, M.D., S.S. Chu, M.S., J.H. Suh, M.D.,

\* J.W. Nam, Ph. D., D. Sc., B.S. Choi, M.D., D.M. Sc.

*Department of Radiology and Nuclear Medicine, Yonsei University, College of Medicine, Seoul, Korea*

The movement of isocenter and dose distributions for the partial rotation of cobalt-60 teletherapy were studied for further effective and accurate treatment planning.

The isodose curves for various field size and angulation of the partial rotation therapy were constructed by gammagrams taken under the identical points of rotation center and the center of 25cm diameter circular phantom.

The isodose distributions for partial rotation were varied according to field size and rotating angulation, shown in Fig. 3, 4.

The maximum isocenter from the rotation center was displaced and maximum doses for rotation center doses were varied by angulation of rotation and field size, shown in Table I. II.

### I. 緒 論

최근 방사선 치료 장치의 발달에 따라 그 구조와 機能이 의학상의 要求를 충족시키기 위하여 다양하게 제작되고 있고 線量計劃도 다방면으로 실시되며 적절한 치료 방법이 새로이 模索되고 있는 한편 固定照射法으로 滿足하지 못하였던 점을 運動照射法으로 補完하고 있다. 특히 固定照射法으로 해결하기 어려웠던 病巢集中照射뿐 아니라 健康部位에 흡수되는 積分線量の 減少와 放射線感受성이 예민한 主위조직의 放射線으로 인한 장애를 輕減시키려는 目的으로 振子照射法이 널리 利用되고 있다. 이에 對한 研究는 오늘날까지 많이 발표된바

있으나 發表된것이 있다하더라도 裝置의 構造와 性能如何에 따라 他的 研究結果를 그대로 使用하지 못하는 難點이 存在하고 있는 것이다.

이런點을 特別 考慮하여 본 연세대학교 암센터가 보유하고 있는 RCR-120-AI, Co-60치료장치에 對하여 각 회전각과 field size의 변화에 따른 最大線量中心의 移行關係 및 이것의 等量曲線上 變化를 phantom을 利用하여 측정하므로써 振子照射治療의 正確을 爲한 効用 方案을 實驗을 通하여 研究確立하였다.

### II. 方 法

本 研究에 使用한 phantom은 直徑이 25cm 두께가 4cm인 圓形 paraffin으로 gammagram 撮影時 側方散亂의 飽和狀態를 유지하기 위하여 6개를 準備하고 film 兩面に 3個씩 겹쳐 使用하였다(Fig. 1). field size는

\* 國立 保健研究院 放射線學擔當官

\* Chief, Radiological Health and Technology, National Institute of Health, Seoul, Korea.

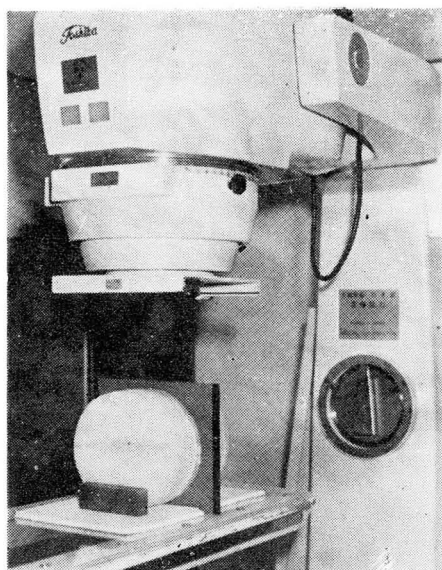


Fig. 1. Set-up of phantom with cobalt machine

5×5cm로 하고 振子角은 60°, 120°, 180°, 240°, 300° 그리고 360°의 각각 다른 狀態下에서 相異한 gammagram을 얻었으며(Fig. 2) densitometer를 이용하여 각 振子角에 따라 모양이 다른 等量曲線을 얻었고(Fig. 3) 또 field size에 따른 變化를 比較하기 爲하여 F.S 10×10cm에서도 同一한 方法으로 각각 다른 等量曲線을 얻을수 있었다(Fig. 4). 이때 회전 운동 중심은 phantom 中心에 두었으며 SAD는 80cm로 하였다.

### Ⅲ. 結果 및 考案

放射線 治療를 計劃할때는 여러가지 조건을 考慮하지 않으면 안되나 특히 振子照射 即 部分的 運動照射를 計劃할때는 회전조사나 切線照射때와는 달리 最大線量 中心과 運動中心은 一致하고 있지 않음을究結研 本果에

서도 알수 있으며 過去 몇몇 學者에 依하여 紹介된바도 있다<sup>4)</sup>.

실제 임상에서 振子照射를 計劃할때 이점을 망각하기 쉽고 또 본 연세의료원 암센터—에서 보유하고 있는 Co-60치료장치 RCR-120-AI에 대한 기본실험이 必要했을 뿐 아니라 裝置에 따라 最大線量中心點의 移行이 相異하므로 精密한 實驗을 通하여 移行位置를 正確히 把握할것이 先決條件인 것이다.

이상과 같은 實驗結果를 종합하여보면 field size가 클수록, 振子角이 좁을수록 最大線量中心이 放射線의 入射方向으로 크게 移動함을 볼수있다. 즉 振子角이 좁을수록, field size가 클수록 最大線量點이 表面에 가깝게 移行하며 線量分布에도 變化가 많음을 알수 있다. field size 5×5cm와 10×10cm에서 전자각을 변화시켰을때 最大線量中心의 移動狀態를 運動中心에서 부터의 거리로 表示해 보면 Table 1과 같다. 즉 field size 5×5cm 振子角 60°에서는 5.9cm, 120°에서 3.3cm, 180°에서 1.8cm, 300°에서는 0.7cm가 이동되었고 field size 10×10cm 振子角 60°일때 8.2cm, 120°에서 5.8cm, 180°에서 3.7cm, 240°에서는 1.7cm 그리고 300°에서는 1.2cm씩 방사선이 들어오는 쪽으로 움직여 갔다. 또 360° 완전 회전 조사의 운동중심 즉 최대선량중심을 100%로 했을때 이들 상이한 field size와 전자각에서 최대선량중심이 받는 방사선량도 field size가 클수록 전자각이 좁을수록 더 높아짐을 볼수있다 (Table 2). 또 동일 전자각에서 비교해 보면 field size가 커짐에 따라 最大線量中心이 더 많이 이동되며 방사선을 받는 영역도 커지는 것을 알수있으며 (Fig. 5) field size의 변화에 따른 等量曲線의 變化는 여러 저자에 의해서 발표된 바 있다. (1, 2, 3, 4, 5)

방사선 조사량의 하강(fall-off)은 적은 field size에서 보다 큰 field size에서 더 커진다. 참고로 360도 완전회

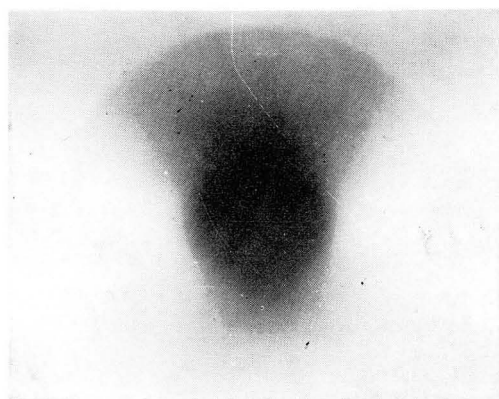
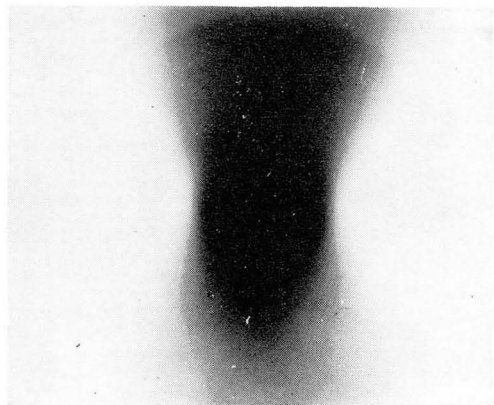


Fig. 2. Examples of gammagram at the angles of 60° and 120° in field size 5×5cm (SAD=80cm)

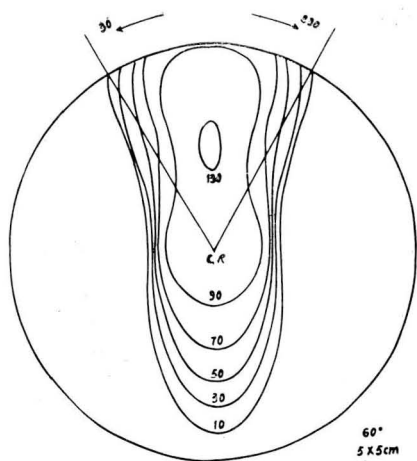


Fig. 3-1.

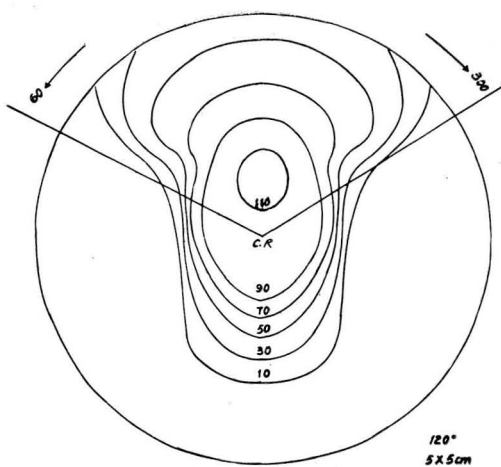


Fig. 3-2.

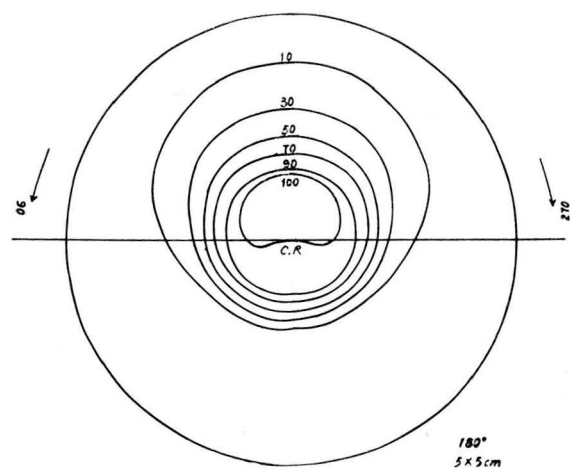


Fig. 3-3.

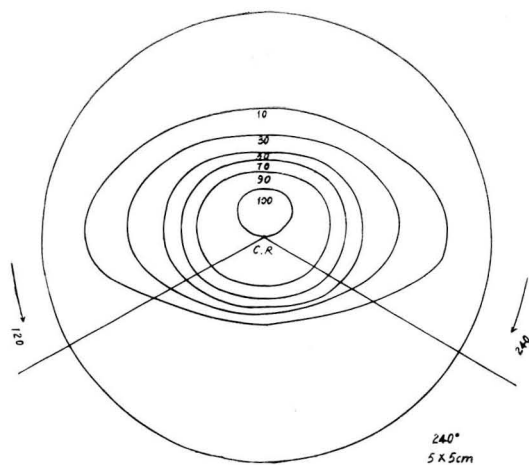


Fig. 3-4.

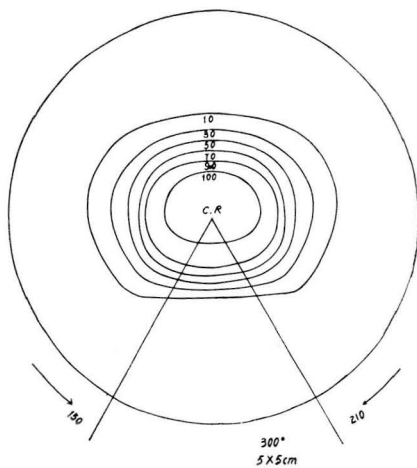


Fig. 3-5.

Fig. 3. Isodose curves for the field size  $5 \times 5 \text{ cm}$  with  $60^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $240^\circ$  and  $300^\circ$  of rotation.

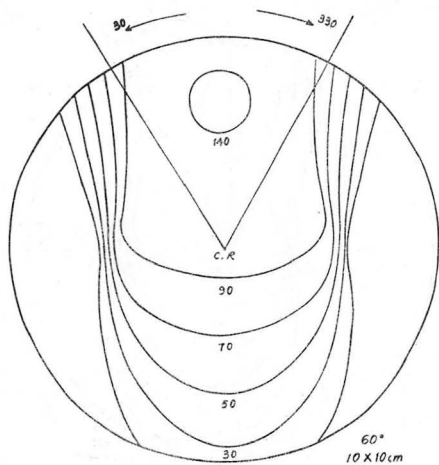


Fig. 4-1.

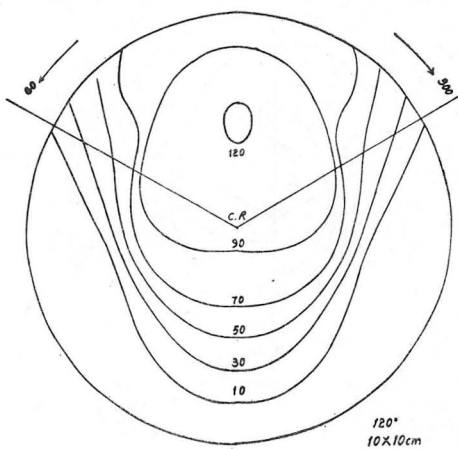


Fig. 4-2.

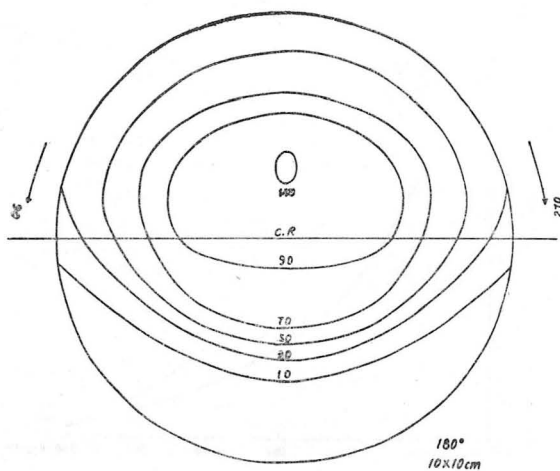


Fig. 4-3.

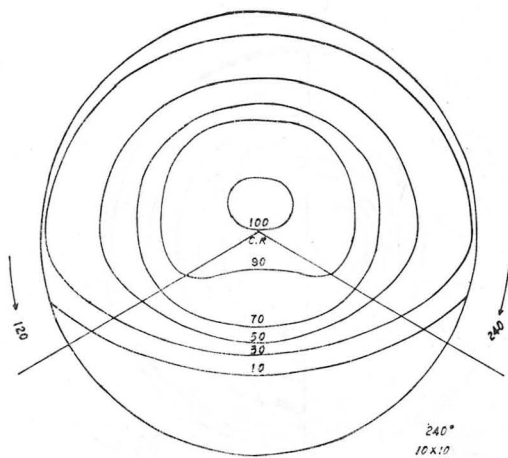


Fig. 4-4.

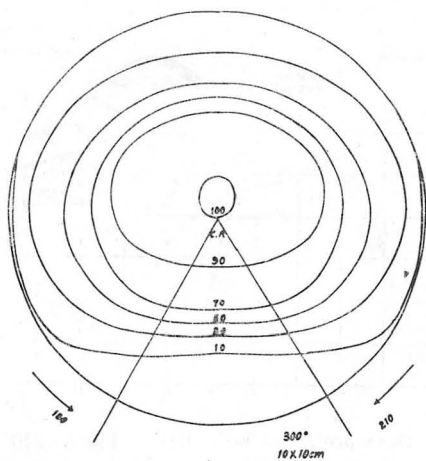


Fig. 4-5.

Fig. 4. Isodose curves for the field size 10×10cm with 60°, 120°, 180°, 240° and 300° of rotation

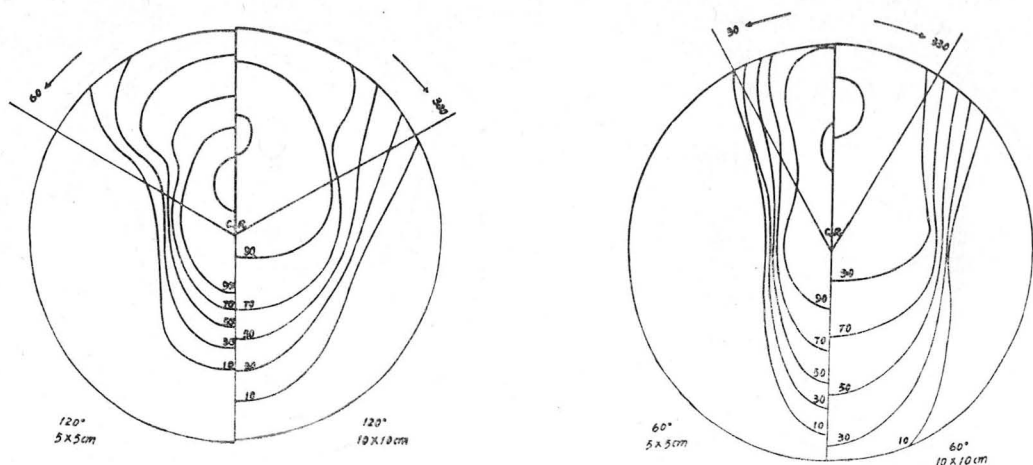


Fig. 5. Examples of anterior migration of the maximum isodose center and split image of isodose patterns with increase in width of field size.

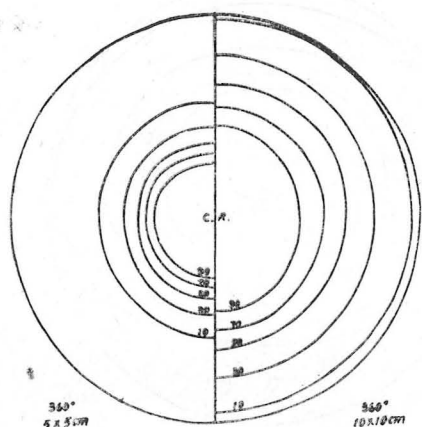


Fig. 6. Comparison of isodose curve for 360° rotation with field size 5x5 and 10x10 cm

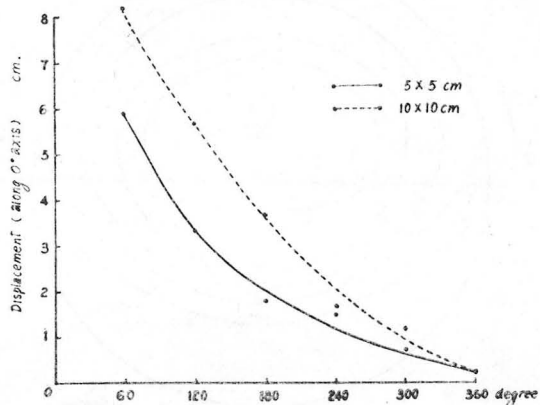


Fig. 7. Displacement of maximum dose from the center of rotation in different angles

Table 1. Displacement of maximum isocenter from the rotation center for six different degrees of rotation with field size 5x5 and 10x10 cm

Field size cm	5x5	10x10
Rotation angle		
60°	5.9 cm	8.2 cm
120°	3.3	5.8
180°	1.8	3.7
240°	1.5	1.7
300°	0.7	1.2
360°	0	0

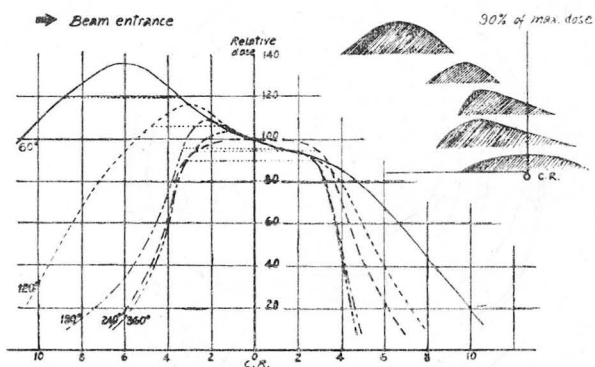


Fig. 8. Dose profile of 60°, 120°, 180°, 240° and 360° rotation with field size 5x5 cm (SAD:80 cm)

**Table 2.** Maximum doses of the various maximum isodose points when center of full rotation is placed as 100%

Field size	5×5	10×10
Rotation angle		
60°	138%	141%
120°	118%	122%
180°	107%	110%
240°	105%	105%
300°	102%	103%
360°	100%	100%

**Table 3.** Distances in cm from center of 360° rotation to 90%, 70%, 30% isodose curves with field size 5×5cm and 10×10cm

Field size(cm)	5×5	10×10
% of isodose curve		
90	3.4cm	5.4cm
70	3.9	6.4
50	4.6	7.6
30	5.5	9.2
10	6.8	11.2

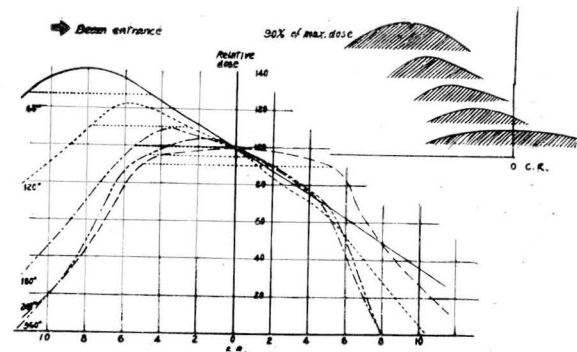
전 조사때의 등량곡선과 운동중심과의 거리를 각각 다른 field size에서 비교하면 field size 5×5cm에서는 90% isodose curve가 운동중심에서 3.4cm 거리에 있는데 반하여 10×10cm로 field size가 커진 경우에는 5.4cm로 멀어진것을 볼수있다. (Fig. 6, Table 3).

각 전자각에 따른 最大線量中心의 이동을 도표로 그려보면 Fig 7과 같은 연결된 곡선을 얻을 수 있으며 이것은 각 전자각의 변화에 따른 최대선량중심의 이동관계를 쉽게 찾아 볼수 있는 기준이 된다.

또 각 전자각에서 얻은 90퍼센트 선량분포를 二等分線상에 縦斷面圖를 각 field size에서 그려 보면 Fig 8, 9와 같다. 즉 각 전자각에 따라 90퍼센트 等量分布部位가 放射線이 들어오는 쪽으로 얼마나 옮겨 졌는가를 쉽게 볼수 있다.

等線量曲線의 모양도 각 振子角과 field size에 따라 달라서 전자각이 좁은데 비하여 커질수록 좀더 둥근모양을 나타내며 放射線의 均等分布도 달라지게 된다. 단 最大線量은 언제나 回轉軸과 同一한 線상에 놓인다.

이상의 특수점을 고려하지 않고 치료 계획을 세운다



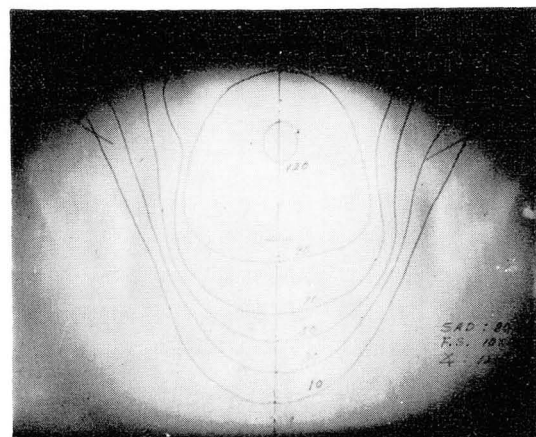
**Fig. 9.** Dose profile of 60°, 120°, 180°, 240° and 360° rotation with field size 10×10cm (SAD:80cm)

면 치료받는 부위에 최대선량이 분포되지 않은 경우가 있게된다. 치료가 필요한 부위에 最大線量分布를 주기 위하여서는 회전각과 field size의 變化를 가져 오므로서 좀더 이상적인 치료를 할수 있다고 하겠다.

예를들면 방광암이 있는 환자에게 120° 振子照射를 하므로서 좋은 치료선량분포를 얻을수 있다.

Fig. 10은 방광암 환자의 방광부위를 종단면 단층촬영을 한 X선 사진위에서 field size 10×10cm에서 120° 전자조사 때에 얻을수 있는 等量曲線을 써서 90퍼센트의 線量分布를 가장 중요한 부위에 가도록 계획한 예이다.

Fig. 11은 직장암부위의 종단면 단층촬영 사진위에 field size 5×5cm 전자각 300°의 等量曲線을 이용해서 좋은 치료계획을 세운 것이다. 즉 病巢의 解剖學的 位置・轉移, 모양등을 고려해서 振子照射가 필요한 경우에 이를 응용하므로써 좀더 좋은 치료계획이 될수 있



**Fig. 10.** Isodose curve of F. S. 10×10cm, rotation angle 120° on transtomography of bladder carcinoma. Maximum dose is displaced anteriorly.

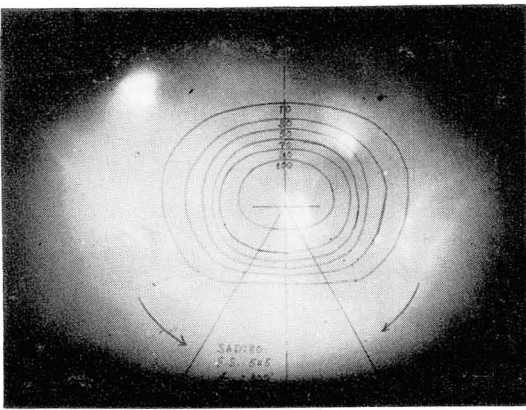


Fig. 11. Isodose curve of F.S. 5×5cm, rotation angle 300° on transtomography of colon carcinoma. Spine is protected from radiation due to fall off of isodose curve in posterior side.

다. 물론 Phantom의 크기, 모양에 따라서 등선량분포가 달라지며<sup>4), 10)</sup> 病巣가 위치하고 있는 體型에도 많은 관계가 있다. 이외에도 Penumbra에 대한 변화도 고려해야 될 것이다.

#### IV. 結 論

振子照射는 完全回轉照射나 固定照射와 달리 各 振子角, field size에 따라 最大線量中心이 放射線源의 運動中心에서 移動할뿐 아니라 等量曲線의 모양도 달라지므로 線量集中部의 型態도 各各 相異한 特徵을 나타낸다. 즉 振子角이 좁을수록 field size가 넓어질수록 最大線量中心은 運動中心에서 放射線이 들어오는 方向으로 더 많이 움직인다. 또 동일角에서는 field size가 넓을수록 等量曲線이 둥근모양을 보이며 넓어지게 된다. 또 等量曲線의 Fall-off도 固定照射때보다 급하므로 어떤 경우 이상적인 치료계획이 될수있다.

실제로 임상에서 振子照射를 응용할 경우 病巣에 最大線量を 주기 위해서는 運動中心의 길이를 病巣의 中心보다 크게 해야 할 것이다. 또 病巣가 中心部位에 위치하지 않을 경우 그 길이에 따라 振子照射의 조건을 맞춰주면 좋은 치료 계획이 될 것이다. 즉 最大線量中心의 位置의 深部線量分布의 型態를 勘案하여 運動中心과 最大線量中心의 移行關係를 고려해서 病巣에 이상적인 線량이 분포되도록 해야할 것이다.

#### REFERENCES

- 1) Haynes, R.H. and Froese, G.: *Idealized body contours in rotation dosimetry*, *Acta Radiol.* 48 (1957), 209-226
- 2) Jacobson, L.E., Koeck, G.P., Hillsinger, W.

- R., and Schwarz, M.E.: *Co-60 isodose curves for 240° rotation. showing displacement of the center of dose from the center of rotation*, *Radiology* 77(1961), 66-76.
- 3) Jahns, H.E., Morrison, M.T., and Whitmore, G.F.: *Dosage calculations for rotation therapy with special reference to cobalt 60*, *Amer. J. Roentgenol.* 75(1956), 1105-1116.
- 4) Tsien, K.C., Cunningham, J.R., and Wright, D.J.: *Effects of different parameters on dose distributions in cobalt 60 planar rotation*, *Acta Radiol. Ther. Phys. Biol.* 4(1966), 129-154
- 5) Johns, H.E.: *Physical aspects of rotation therapy*, *Amer. J. Roentgenol.* 79 (1958), 373-381
- 6) Jones, D.E.A., Gregory, C., and Birchall, I.: *Dosage distribution in rotational cobalt 60 therapy*, *Brit. J. Radiol.* 29 (1956), 196-261
- 7) MacDonald, J.C.: *Simplified techniques in the employment of a rotational cobalt-60 beam therapy unit*, *Amer. J. Roentgenol.* 86 (1961), 730-736.
- 8) Quimby, E.H., and Coben, B.S.: *Effects of radiation quality, target-axis distance, and field size on dose distribution in rotation therapy*, *Amer. J. Roentgenol.* 78 (1957), 819-830.
- 9) Wheatley, B.M.: *A method of dose calculation with applications to moving field therapy*, *Brit. J. Radiol.* 28 (1955), 566-573.
- 10) Witcofski, R.L., and Meschan, I.: *An analysis of isodose patterns obtained with 180 degree rotation of a telecobalt unit, 60cm source to center of rotation distance*, *Amer. J. Roentgenol.* 85 (1961), 919-925.
- 11) Braestrup, C.B. and Mooney, R.T.: *Physical aspects of rotating telecobalt equipment*, *Radiology* 64 (1955), 17-28.
- 12) Castro, V., Soifer, C., and Quimby, E.H.: *Calculation of dosage in vertical rotation therapy using standard isodose charts*, *Amer. J. Roentgenol.* 73 (1955), 815-826.
- 13) Clinical dosimetry. ICRU Report 16 d. *Handbook* 87. National bureau of Standards, 1963, p.18
- 14) Craig, D.: *Determination of dose in arc therapy by numerical integration*, *Brit. J. Radiol.* 38 (1965), 285-287
- 15) Gregory, C.: *Dosage distribution in rotational cobalt 60 therapy, A simple method of computation*, *Brit. J. Radiol.* 30 (1957), 538-54.