

코발트60 遠隔治療機에 對한 Semiuniversal Wedge Filter의 製作과 臨床應用

慶熙大學校 醫科大學 附屬病院 治療放射線科

金明浩 · 尹錫錄 · 申東五

Construction of Semi-universal Wedge Filter and Clinical Application for Co-60 Teletherapy Unit

Myung Ho Kim, Suk Rok Yun, Dong Oh Shin

Dept. of Therapeutic Radiology, Kyung Hee University Hospital

— Abstract —

Wedge filter are used in high energy radiation therapy to obtain uniform isodose lines at small volume tumor and irregular body surface.

The aim of this study is not only to describe the method of construction and setting of semi-universal wedge filter for ^{60}Co radiation therapy but also to get the optimum treatment planning by clinical application of wedge filter.

要 約

高 에너지 放射線으로 容積이 적은 表在性 腫瘍 및 不定形의 體表面과 傾斜진 照射野에 對한 放射線 治療時 腫瘍 容積內에 均等한 線量分布를 얻기 爲해서 Wedge filter 技法이 많이 使用되고 있다.

本 研究의 目的은 코발트 60 γ 線 治療를 爲한 Semi-Universal Wedge filter의 製作과 任意의 照射野에 對한 最適한 出力 및 正確한 調作方法을 記述하고 放射線 治療計劃의 最適化를 期하기 爲해서 Wedge filter의 臨床應用 方法을 提示하고자 한다.

I. 緒 論

Wedge filter는 高 에너지 放射線 治療時 Beam線束에 넣어 特定한 모양의 等線量 分布曲線

을 만들 수 있다. 이는 放射線에 敏感한 重要臟器를 保護하기 爲하여 特定部位를 遮蔽하거나 傾斜진 人體組織의 不均等性을 補償함으로서 腫瘍容積內 均等한 線量分布를 얻을 수 있는 裝置이다.

Wedge角度는 製作 할 基準 깊이(reference depth)의 beam 中心軸 上에서 等線量曲線의 傾斜角度를 意味하는 것으로서 照射野 크기의 函數 및 beam 軸上 深部線量 百分率이 50%되는 깊이 等으로 記述되고 있다.*^{6,7,8,9}) 그러나 本 研究에서는 코발트 60 遠隔治療機(picker C4M-60)에서 線源 表面間 距離(Source Skin distance) 70 cm인 Wedge filter 30°, 45°, 60°를 각각 設計하였다.

Open 照射野의 等線量曲線과 코발트 60에 使用 될 鉛의 半價層 曲線을 利用해서 基準 깊이 6 cm로 製作하였다. 이는 同一한 Wedge filter 로 Collimator에 附着된 Wedge tray와 照準用光

學計를 利用하여 任意의 照射野에 對해서도 正確하게 造作 할 수 있고 最適의 出力을 얻을 수 있었다.

또한 製作된 Semi-Universal Wedge filter 를 臨床에 應用할 때 均等한 線量分布를 얻기 爲한 理想的인 照射方法과 Wedge 照射野에 대한 使用上의 利點을 提示하고자 한다.

II. 本 論

1. Wedge filter 의 設計方法과 製作

코발트 60 감마線에 對한 Wedge Filter 의 計算은 코발트 60 감마線에 使用될 Wedge 의 材料에

對한 半價層과 open 照射野 等線量曲線을 利用하여 製作하였다.*6,7,8,9)

實際로 鉛, 鉛유리, 銅, 黃銅 等으로 製作할 수 있으나 鉛物質로 製作함으로서 Wedge tray에 裝置하기 便利하고 製作이 容易하였다.*6,7,8,9)

Wedge filter 의 設計方法은 첫째, Wedge filter 를 臨床에 應用할 때 Wedge 角度와 製作된 基準 깊이가 重要하기 때문에 製作할 Wedge filter 의 基準 깊이를 選擇한다. 둘째, 決定된 깊이에서 open 照射野 曲線위에 中心軸에 對해서 直角으로 線을 긋고(그림 1)

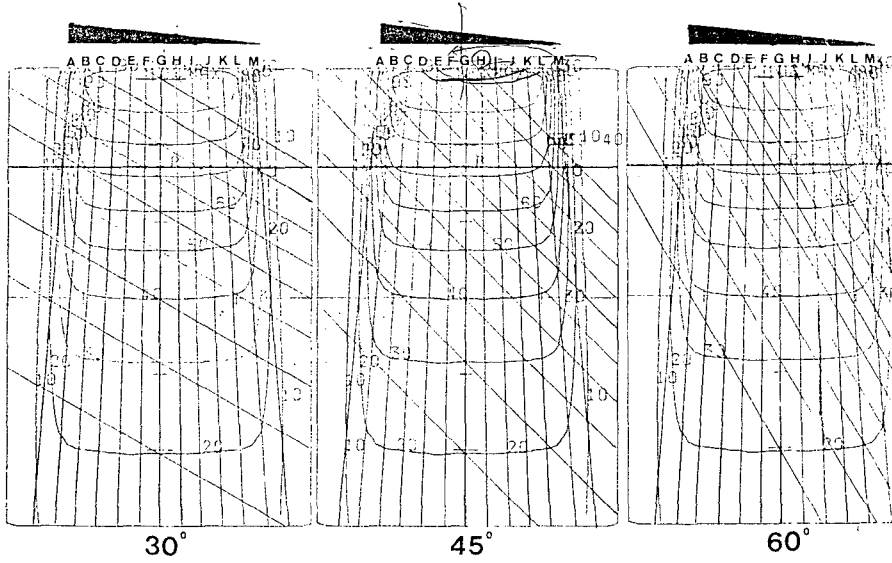


Fig.1 NEW 30°,45°,60° LINES CONSTRUCTED PARALLEL TO ONE ANOTHER INTERSECTING CENTRAL AXIS AT SAME POINTS OF INTERSECTION AS OPEN FIELD ISODOSE LINES(30°,45°,60° AT 6CM REFERENCE DEPTH)

셋째, 1cm 間隔으로 코발트 線源으로부터 放射像의 線을 그으며 넷째, open 照射野 線量分布曲線 위에 製作할 Wedge filter 角度에 따라 서로 平

行하게 그린다. 다섯째, 深部線量 百分率에 對한 圖表를 作成하고 여섯째, 製作 할 Wedge filter 의 比率과 透過率을 求한다.(表 1, 2, 3)

Table 1. Transmission Ratios for the Construction of 60° Wedge Filter

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Nonwedge isodose	40	68	73	74	74.5	75	75	75	74.5	74	73	68	40
Wedge isodose	35	39.5	46	52	58	66	75	84	92	100	108	118	126
Ratio: $\frac{\text{Wedge}}{\text{Nonwedge}}$		0.58	0.63	0.71	0.78	0.88	1	1.112	1.24	1.35	1.48	1.74	
Transmission		0.333	0.362	0.408	0.449	0.506	0.575	0.644	0.713	0.776	0.851	1	
Thickness (mm) Pb		17.5	16.1	14.2	12.7	10.8	8.9	7.0	5.4	4.0	2.6	0	

Table 2. Transmission ratio for the construction of 45° Wedge filter

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Nonwedge isodose	40	68	73	74	74.5	75	75	75	74.5	74	73	68	40
Wedge isodose	38	41.5	46.5	60	65	59.5	75	80	86	90.5	95	99.5	104
Ratio = $\frac{\text{Wedge}}{\text{nonwedge}}$		0.61	0.64	0.81	0.87	0.79	1	1.07	1.15	1.22	1.30	1.46	
Transmission		0.42	0.44	0.56	0.6	0.54	0.68	0.73	0.79	0.84	0.89	1	
Thickness (mm)Pb		13.8	13.0	9.2	8.1	9.78	6.12	5.0	3.74	2.77	1.85	0	

Table 3. Transmission Ratios for the Construction of 30° Wedge Filter

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Nonwedge isodose	40	68	73	74	74.5	75	75	75	74.5	74	73	68	40
Wedge isodose	58	60	64	66	69	72	75	77.5	81	84	86	89.5	92.5
Ratio = $\frac{\text{Wedge}}{\text{nonwedge}}$		0.87	0.88	0.89	0.93	0.96	1.0	1.03	1.09	1.14	1.18	1.32	
Transmission		0.659	0.667	0.674	0.705	0.730	0.758	0.780	0.826	0.864	0.894	1	
Thickness (mm)Pb		6.6	6.4	6.3	5.5	5.0	4.4	3.9	3.0	2.3	1.8	0	

일곱째, 코발트 60 γ 線에 對한 鉛物質의 半價層을 利用하여 Wedge filter의 두께를 計算하여 製作한다.

2. Wedge filter 照射野의 位置決定

照射野의 크기, 모양, 位置를 미리 照準用 光學計의 light beam으로 照射野의 位置를 맞춘 후 코발트 60 遠隔治療機의 Collimator 끝(線源과 Wedge filter tray間의 距離는 28.5 cm)에 附着된 Wedge filter tray에 裝着시킨다. 裝着時 任意의 照射野에 對해 最大의 出力을 얻기 위해서 患者의 皮膚나 phantom 表面 위에서 Wedge filter의 끝(edge)과 照射野의 끝이 一致하도록 照準用 光學計의 light beam이 보이지 않을 때 까지 Wedge filter를 漸漸히 插入한 後 固定한다. *9,11) (그림 2)

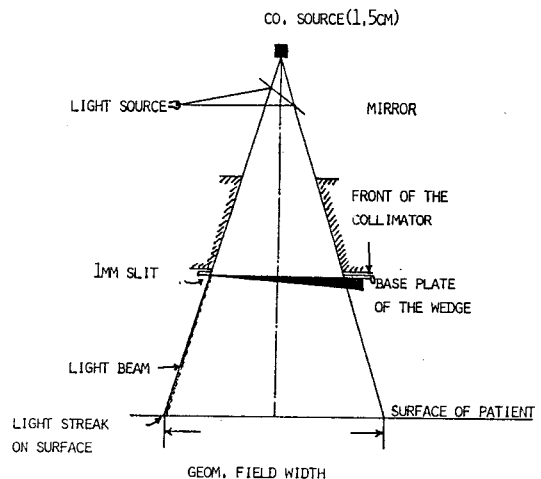


Fig.2 SCHEMATIC REPRESENTATION OF THE CORRECT POSITION OF THE SEMI-UNIVERSAL WEDGE FOR A ANY FIELD WIDTH IN WHICH THE THIN END OF WEDGE IS ALWAYS ALIGNED WITH THE FIELD BORDER.

3. 等線量 分布曲線의 測定

深部線量 百分率의 測定은 基準 깊이 6 cm 에서 製作된 各各의 30°, 45°, 60°의 Wedge filter 에 對해서 Ionization chamber (Capintec, Model 192X, PR-06C)를 使用하여 組織等價物質인 Polystyrene Phantom (25 cm × 25 cm × 38 cm, 1.04 g/cm³)속에서 0.5 ~ 15 cm 까지 1 cm 間隔

으로 施行하였다. 等線量 分布曲線의 測定은 工業用 필름(Kodak, XTL-5)을 照射野의 中心軸 상에서 Polystyrene Phantom 사이에 끼워서 코발트 60 γ 線을 照射한 後에 film densitometer로 判讀하여 等線量 分布曲線을 作成하였다. (그림 3)

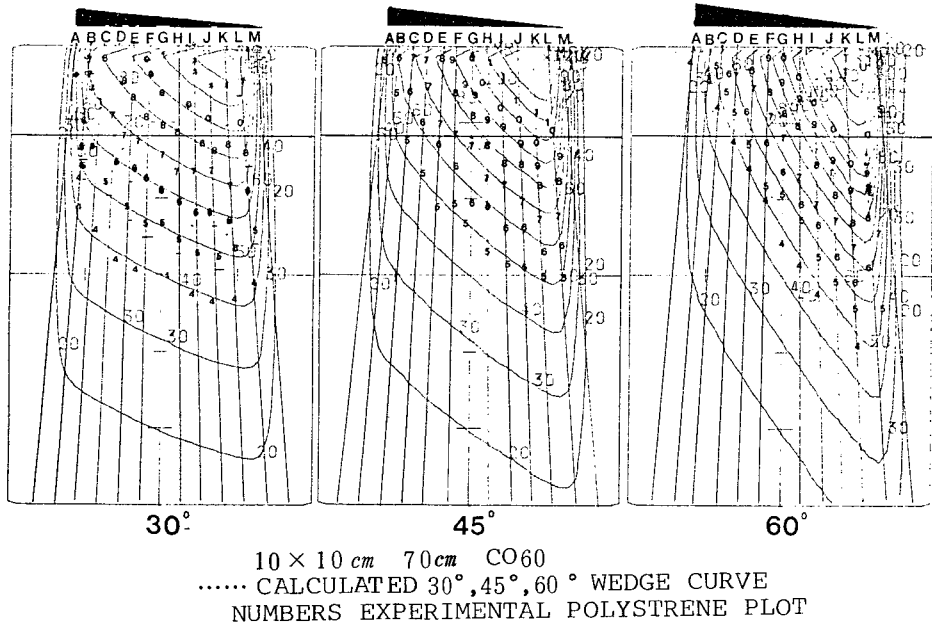


Fig.3 COMPARISON OF CALCULATED AND MEASURED WEDGED FIELD

III. 結 果

Wedge filter 를 使用할 때 beam의 中心軸의 出力이 減少함으로 30°, 45°, 60°, Wedge filter 各各에 對하여 없을 때의 出力과 있을 때의 出力의 比를 求한 Wedge의 比를 利用해서 線量을 計算하였고, 코발트 60 γ 線은 前方散亂하기 때문에 中心軸上의 深部線量 百分率은 製作된 Semi-Universal Wedge filter의 有無에 따라 基準 깊이 6 cm 미만에서 1.5% 未滿의 差異가 發生하였다.

Wedge 照射野와 Open 照射野의 深部線量 百分率의 差異는 Wedge의 角度, 照射野의 크기, 깊이 등이 增加함에 따라 增加함을 알 수 있다.

그러므로 Wedge filter의 製作方法에 依해 設計된 30°, 45°, 60° Wedge filter의 等線量

分布 (그림 4)와 製作된 Wedge filter는 그림 5와 같다.

IV. 考 察

100萬 電子볼트 以上の 高 에너지放射線을 利用한 表在性 腫瘍과 頭頸部 腫瘍患者 治療時 腫瘍 部位에 均等한 線量分布를 照射하기 爲해 여러가지 Wedge filter의 設計, 製作, 臨床應用에 對한 많은 論文이 發表되었다. * 1,2,3,4,5, 10,11)

一部 학자들은 방사선 조사시 Wedge filter의 위치조정에 대한 오차를 방지하기 위한 방법들을 고찰하였다.*11)

一般的으로 Wedge filter는 beam出力의 損失을 最少化하기 爲하여 各各의 照射野 幅에 對해서

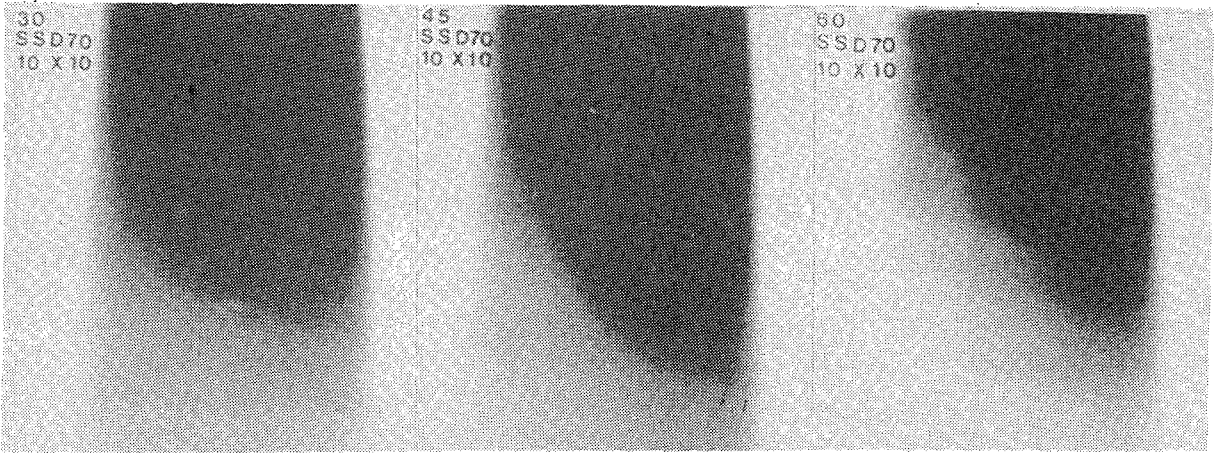


Fig4. PHOTOGRAPH OF 30°, 45°, 60° WEDGE FILTER FOR A COBALT γ -RAY UNIT

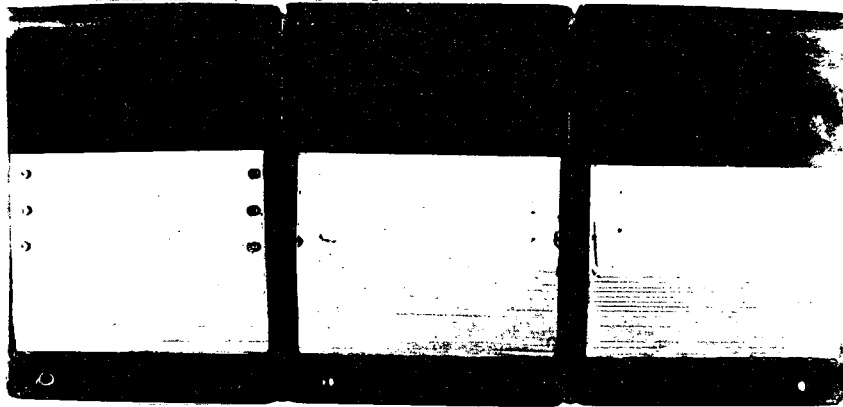


Fig5. THE RADIOGRAPH OF DOSE DISTRIBUTIONS OF A 30°, 45°, 60° WEDGE FILTER CONSTRUCTED COBALT γ -RAY, FIELD SIZE=10W×10cm, SSD=70cm

製作한 Seperate Wedge filter와 Wedge filter의 中心이 beam軸上에 位置하고 모든 照射野에 對해서도 使用할 수 있는 Universal filter가 있다.*6,7,8,9)

그러나 Seperate wedge filter는 任意의 Wedge 照射野에 對한 各各의 Wedge filter를 製作하여야 하고 位置決定의 再現性 및 正確性이 要求된다. 코발트 60 γ 線의 境遇 Universal Wedge filter는 큰 照射野에 對한 beam 損失이 많이 發生하는 短點이 있다. 따라서 本 著者들은 이러한 缺點을 補完하기 爲하여 任意의 照射野에 對한 最適의 出力과 正確한 再現性을 考慮한 Semi Universal Wedge filter를 製作하였다.

Wedge의 角度란 照射野의 函數 (beam幅의 $\frac{1}{2}$ 或은 $\frac{2}{3}$)와 50%인 等線量曲線과 中心軸에 垂直

인 線과 이루는 角度로 記述되고 있으나 *9) 本 研究에서는 깊이의 函數로서 코발트 60 γ 線의 深部線量 百分率이 照射野 10×10 cm, SSD 70 cm에서 50% 되는 깊이가 10.9 cm 이므로 表在性 腫瘍 治療 및 頭頸部 腫瘍 등 臨床 應用에 適合한 基準 깊이 (reference depth)를 6 cm로 製作하여 均等한 線量分布를 얻을 수 있었다.

放射線 治療計劃의 最適化를 期하고 理想的인 治療方法을 遂行하기 爲해서 Wedge 照射野의 臨床 應用 方法을 考慮해 볼때 同一한 두개의 Wedge 照射野를 使用하는 것이 좋다.* 10,11,12) 또한 製作된 Wedge filter 보다 적은 Wedge 角度를 얻기 爲하여 總 腫瘍線量의 一定量을 open 照射와 Wedge 照射를 式 $\theta r = f \cdot Q$ 과 같이 併用 照射하는 方法도 考慮될 수 있다.

여기서 f 는 Wedge 照射野에 依해 照射된 腫瘍 線量의 比率이고, Q 는 Wedge 角度이다. 따라서 모든 患者에 對하여 各各의 補償用 Wedge filter를 製作하지 않고 傾斜 入射일 경우 組織 缺損補償用 filter를 代用해서 Wedge filter를 使用 할 수 있다. *9)

코발트 60 γ 線의 線量 變化率은 SSD 70 cm, 照射野 10×10 cm의 깊이 10 cm以內에서 約 7.3 %/cm이므로 대향 2門 照射野로서 Wedge filter를 1門 open 照射野와 함께 使用함으로써 線量의 變化率 (open 照射野의 線量變化率×tan Q)을 利用할 수 있다. 이때에 Wedge 角度에 따라 線量變化率이 4%/cm~12.6%/cm로 變化하므로 線量變化用 補償 filter를 使用時 注意가 要 望된다.

頭頸部 腫瘍 및 接線 照射인 乳房癌 等 腫瘍의 크기, 位置, 患者의 두께, Wedge 角度 等を 考慮해야 할 경우 Semi-Universal Wedge filter를 使用함으로써 腫瘍部位內에 均等한 總量分布를 얻을 수 있을 것으로 思料된다.

V. 結 論

本 研究에서 코발트 60 遠隔治療機 (Picker C4M-60)에 使用될 Semi-Universal Wedge filter 30°, 45°, 60°, 各各을 設計와 製作을 함으로써 다음과 같은 結論을 얻었다.

첫째, 計算値와 測定値의 比較 結果 Wedge 等 線量 分布曲線이 만족할 만큼 一致함을 얻었다.

둘째, 任意의 照射野에 對해 同一한 Semi-Universal Wedge filter를 使用하여 最適의 出力을 얻었다.

셋째, Stainless Steel 판 위에 裝置된 Wedge filter는 照準用 光學計의 빛을 利用해서 正確하게 照射野에 맞출수 있었고 쉽게 再現할 수 있었다.

넷째, 6 cm 基準깊이로 製作된 Semi Universal Wedge filter를 大향 2門 Wedge 照射野 및 open 照射野와 併用한 大향 2門 照射는 腫瘍 容積內 均等한 總量分布를 얻을 수 있었다.

References

1. Aron B.S. Scapicchio M: Design of universal wedge filter system for a cobalt 60 unit. Am. J. Roentgenol. 96: 70,
2. Burns, J.E. and Sear R.: Physical aspects of cobalt 60 teletherapy using wedge filter. I physical investigations. Acta radiol. 53: 401, 1960.
3. Cohen, M.: Physical aspects of roentgen therapy using Wedge filters. I some new copper wedges and their applications. Acta radiol. 52: 65, 1959.
4. Cohen M.: Physical aspects of roentgen therapy using wedge filter. II Analysis of wedge field dosimetry. Acta radiol. 52: 158, 1959.
5. Cohen, M. J.E. Burns and sear. R.: Physical aspects of Cobalt 60 teletherapy using wedge filters. II. Dosimetric Considerations. Acta radiol. 52: 486, 1960.
6. Cunningham, J.R., Johns H.E.: The physics of radiology. Springfield. Illinois: Charles C. Thomas 1983.
7. International Commission on Radiation Unit and Measurement(ICRU): Report No. 24. Determination of Absorbed Dose in a patient irradiated by Beam of X or Gamma Ray in Radiation Procedures. Washington. D.C. National Bureau of standard, 1976.
8. Joseph Selman: The Basic Physics of radiation therapy. Springfield. Illinois: Charles C Thomas, 1976.
9. Kahn, F.M.: The physics of radiation therapy Baltimore: Williams and Wilkins, 1984.
10. Tranter, F.W.: Design of Wedge filter for use with 4 Mev linear accelerator. Brit. J. Radiology. 30: 329, 1957.
11. Vande Geijin: A simple wedge filter technique for cobalt 60 teletherapy. Br. J. Radiology 35: 710, 1962.
12. Van Roosenbeek, E., and Grimm, J.H.: Wedge filters their construction and use with 22 Mev, betatron. Am. J. Roentgenol., 85: 926, 1961.