

多孔焦点型 콜리메타의 感度와 解像力에 関한 檢討

東南保健專門大學 放射線科

朴成玉, 慶光顯*, 朴俊哲**

Abstract

Study on Sensitivity and Resolution of Multihole Focusing Type Collimator

Sung Ock Park, Kwang Hyon Kyong*, Jun Chul Park**

Dept. of Radiotechnology, Dong Nam Junior Health College

In order to estimate characteristics and functions of multi hole focusing type collimator, the authors measured the sensitivity and resolution varying with the distance between the face of collimator and source by experimental study.

The results obtained with this study are as follows.

1. In comparison with focal distance obtained from sensitivity measurement of various multi hole focusing type collimator, collimator A, C, E was 10 cm and collimator B, D was 12 cm in focal distance.
2. In regard of resolution of collimators having 10 cm focal distance, collimator A showed the finest resolutions than any other collimator (C, E).
3. By comparison regarding sensitivity by focal distance, the shorter the distance than a give focal distance of collimator, the worse the sensitivity of collimator.
4. With regard to resolution by focal distance, the shorter the distance than a given focal distance of collimator, the worse the resolution of collimator.

목 차

- I. 緒 論
- II. 實驗材料 및 方法
- III. 結 果

- IV. 考 按
- V. 臨床的 檢討
- VI. 結 論
- 參考文獻

*信興實業專門大學 放射線科 *Dept. of Radiotechnology, Shin Heung Junior College*

**仁川看護保健專門大學 放射線科 *Dept. of Radiotechnology, Incheon Junior Nursing College and Arrange Health Sciences*

I. 結 論

體內的 RI 分布를 描寫하는 RI imaging 裝置에는 檢出器移動型和 scinticamera 라고 하는 檢出器固定型이 있다. scintiscanner 는 檢出器移動型的 裝置로서 檢査目的에 따라서 여러가지의 型이 考案, 使用되고 있다. scintiscanner 裝置의 構成은 檢出部, 記錄裝置, 그리고 이를 運動해서 走査시키는 驅動裝置等으로 構成되어 있다.^{1,2)} 檢出部는 NaI (Tl) scintillator, 光電子倍增管, 前置增幅器 및 collimator 로 되어 있는데, scintiscanner 의 性能은 NaI (Tl) scintillator 의 크기와 콜리메타의 特性에 의해 크게 左右되고 있다.¹⁾ 즉, 콜리메타는 檢査臟器로부터 放出되는 γ 線을 檢出하여 描寫하는데 있어서 매우 重要的 構成要素라고 볼 수 있다. 콜리메타는 單孔으로 된 圓筒형과 테이퍼형 그리고 多孔焦點型으로 區分되어 使用될 수 있다.^{3,4,5)} 그러나 現在에는 다른 型에 比하여 解像力이나 感度が 우수한 多孔焦點型콜리메타가 가장 많이 使用되고 있다. 이의 構造는 檢査臟器로부터만 放出되는 γ 線을 檢出하여 檢出器에 入射토록 誘導하고 그 以外の 領域에서 放出되는 γ 線을 除去하기 위하여 多孔의 配列로서 벌집처럼 考案되어 있다.⁴⁾ 따라서 多孔焦點型콜리메타의 構造形態에 의해 像을 描寫하는데 여러가지의 特性을 가지고 있다. 그러므로 使用者는 RI 로부터 放出되는 γ 線의 에너지, 檢査對象臟器의 크기, 그리고 調査目的等을 考慮한 後 多孔焦點型콜리메타를 選擇, 使用할 必要가 있다. 이러한 點을 볼 때, 多孔焦點型콜리메타의 等反應曲線 (isoresponse curve) 과 解像力曲線 (resolution curve) 에 의해 感도와 解像力에 關한 品質管理를 定期的으로 評價하는 것은 매우 重要的 業務에 屬하는 것이라고 본다.

고로 著者들은 서울市內에 所在한 一部病院에서 使用중인 多孔焦點型콜리메타를 5個 選定하여 이들에 對한 感도와 解像力에 關하여 實驗을 한 바 있어 그 結果

를 報告하는 바이다.

II. 實驗材料 및 方法

1. 測定裝置 및 材料

1) 測定裝置

Selo社製인 Supper Scanner DS-7
Elscint whole body scanner WBS 220

2) 材料

多孔焦點型콜리메타 (表 1 참조)
線源 (^{198}Au colloid, ^{131}I)
thyroid phantom

2. 實驗方法

1) 感度測定

幾何學的 構造가 다른 多孔焦點型콜리메타에 따라서 感度測定을 하기 위하여 그림 1 과 같은 方法으로 하였다. 即, 콜리메타의 前面에서 부터 線源까지의 距離를 2 cm 간격으로 해서 24 cm까지 變化시키면서 各各 그 距離에서 線源을 콜리메타의 中心軸에 그리고 中心軸으로부터 左右로 各各 2 cm 간격으로 해서 10 cm까지 變化시키면서 1分間 計數率을 測定하였다. 이 結果를 토대로 하여 感度分布曲線을 그린 後 最高計數率을 나타내는 콜리메타의 前面間 線源의 距離를 焦點距離 (focal distance)로 하였다.

2) 解像力測定

多孔焦點型콜리메타의 種類에 따른 解像力을 測定하기 위한 수단으로서 그림 1 과 같은 方法으로 얻어진 計數率을 利用하여 分布曲線을 그림 2 와 같이 그린 다음에 最高計數率에서 $\frac{1}{2}$ 이 되는 點에서 만나는 水平線의 幅 (半值幅, FWHM)을 測定하였다. 그리고 이 半值幅을 利用하여 그린 解像力曲線을 통하여 種類가 다른 多孔焦點型콜리메타의 解像力을 比較, 檢討하였다.

Table 1. Types of Focusing Type Collimator

Type of collimator	Diameter of collimator (cm)		Diameter of hole (mm)		No. of holes	Type of hole
	outside	inside	outside	inside		
A	9	13	3	5	253	Hexagonal
B	9	13	3	5	209	"
C	8	14	4	8	85	"
D	8	14	2	4	265	"
E	8	14	8	16	55	"

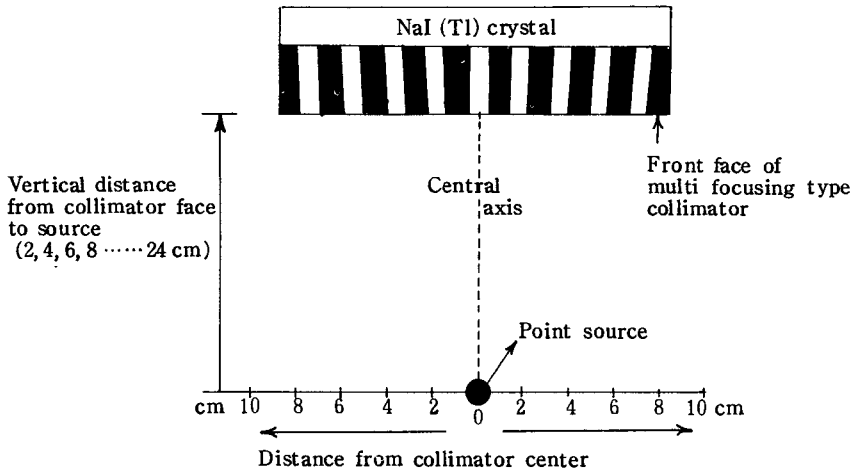


Fig. 1. Collimator-Source Arrangement for Count Rate Determinations

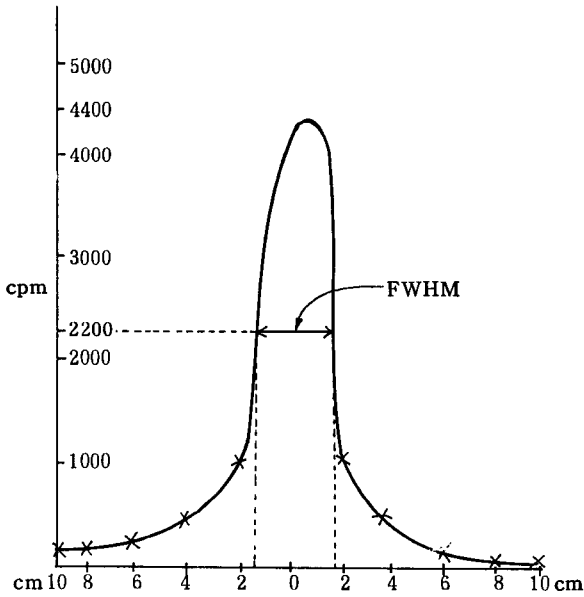


Fig. 2. Schematic of FWHM Concept

Ⅲ. 結 果

1. 感度測定

各各의 多孔焦點型콜리메타에 對한 感度를 測定한 結果는 다음과 같다. 即 A의 콜리메타는 10 cm의 콜리메타-線源間 距離에서 12,400 cpm으로서 最高計數率로 나타났으며 그 다음으로는 8cm(10820 cpm), 12cm(10200 cpm), 그리고 14 cm(9,600 cpm)의 順位로 나타났다. B의 콜리메타는 12 cm의 콜리메타-線源間 距離에서 最高計數率인 65,000 cpm 이었다. 그리고 14 cm의 距離에서는 64,000 cpm, 10 cm에서 57,250 cpm, 그리고 16 cm의 距離에서는 54500 cpm 으로 各 各 測定되었다. C의 콜리메타에 있어서 最高計數率의 分布는 10 cm(3050 cpm), 12 cm(2750 cpm), 14cm(2575 cpm), 16 cm(2450 cpm)의 順位를 보여 주었다. D의 콜리메타는 콜리메타-線源間 距離 12 cm에서 65,500 cpm 으로 最高計數率로 測定되었다. 그리고 14 cm에서는 64,500 cpm, 10 cm에서는 57,600 cpm,

Table 2. Comparison of Count Rate Distribution for Five Focusing Type Collimator

Collimator-Source Distance (cm) / Types of collimator	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
A	31.2	37.5	52.9	87.1	100	97.6	76.9	49.9	33.1	23.6	17.7	15.2
B	31.3	36.3	46.9	65.0	88.2	100	98.2	83.6	62.5	46.4	34.3	25.4
C	30.3	34.6	49.7	70.7	100	91.4	87.5	79.4	68.2	44.4	31.5	22.5
D	31.9	36.8	47.4	67.1	88.4	100	98.4	83.4	62.7	48.2	35.5	26.2
E	43.5	47.2	59.0	75.9	100	90.1	87.4	81.4	70.6	54.4	43.2	36.5

(unit : %)

Table 3. Comparison of FWHM for Five Focusing Type Collimator

Collimator-Source Distance (cm) \ Types of collimator	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
A	3.2	2.9	1.8	1.4	1.0	1.25	1.3	1.7	2.2	3.5	4.4	4.5
B	4.3	3.5	2.2	1.6	1.4	0.8	1.0	1.1	1.4	1.5	2.0	2.8
C	4.5	3.2	1.6	1.45	0.9	1.15	1.25	1.4	1.65	1.9	2.7	4.7
D	4.5	3.9	2.5	1.5	1.2	1.0	1.15	1.25	1.7	1.75	2.0	3.0
E	5.5	4.0	2.6	1.5	1.0	1.25	1.6	1.7	1.9	2.4	3.7	4.9

(unit : cm)

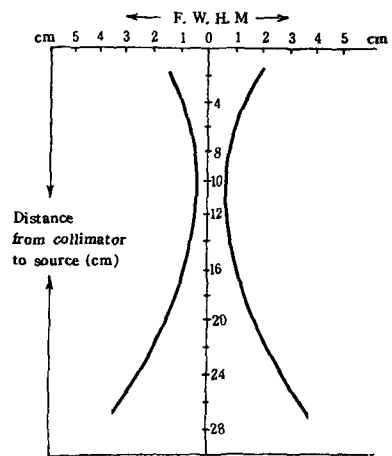
16 cm에서 55,000 cpm 이었다. E의 콜리메타에 있어서 콜리메타-線源間 距離의 分布에 따른 計數率은 10 cm에서 最高로 나타났으며 그 다음이 12 cm, 14 cm, 16 cm, 8 cm의 順位를 보여 주었다. 이러한 結果를 通하여 A의 콜리메타는 10 cm, B는 12 cm, C는 10 cm, D는 12 cm 그리고 E의 콜리메타는 10 cm의 콜리메타-線源間 距離에서 最高計數率을 보여 주었기 때문에, 卽 이 距離가 各各의 多孔焦點型콜리메타에 對한 焦點距離 (focal distance)로 測定되었다. 그리고 이 焦點距離에서의 計數率을 100으로 하여 콜리메타-線源間 距離의 變化에 따른 感度比는 表 2와 같다. 卽, 各各의 콜리메타에서 보던 모두가 焦點距離보다 짧은 콜리메타-線源間 距離에서의 感度が 긴 距離에서 檢出時의 感度보다 심각하게 減少되고 있었음을 나타냈다.

2. 解像力測定

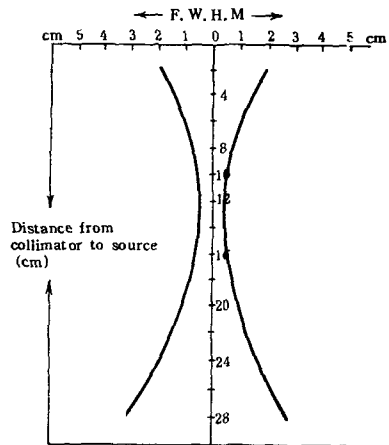
콜리메타의 種類에 따라서 콜리메타-線源間 距離에 따른 解像力을 測定한 結果는 表 3과 같다. 卽, 10 cm의 焦點距離로 測定된 A, C, E의 多孔焦點型콜리메타를 보면 그 距離에서의 A, E 콜리메타는 半值幅이 1.0 cm, C의 콜리메타는 0.9 cm로서 前者들에 比하여 後자가 半值幅이 작기 때문에 解像力이 좋은 것으로 나타났다. 그리고 焦點距離 (10 cm)보다 2 cm增加한 12 cm의 距離에서의 半值幅의 增加率은 A의 콜리메타가 25% C의 콜리메타는 28%, E는 25%이었으며, 4 cm增加한 14 cm의 콜리메타-線源間 距離에서는 焦點距離에서의 半值幅보다 A가 30%, C는 39% 그리고 E의 콜리메타는 65%程度가 增加되어 解像力이 低下되는 것으로 나타났다. 反面에 焦點距離 (10 cm)보다 2 cm減少한 8 cm의 半值幅의 增加率을 보면 A의 콜리메타는 40%, C는 61% 그리고 E가 50%로 나타났다. 焦點距離보다 4 cm를 減少한 6 cm의 콜리메타-線源間, 距離에서의 半值幅의 增加率은 더욱 急激하여 A는 80%, C는 78% 그리고 E는 160%로 測定

되어 解像力이 매우 나쁜 것을 보여 주었다.

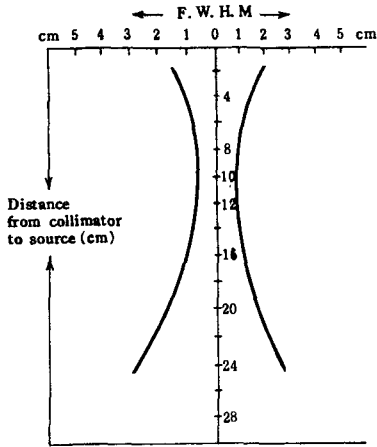
그리고 12 cm의 焦點距離로 測定된 B, D의 多孔焦點



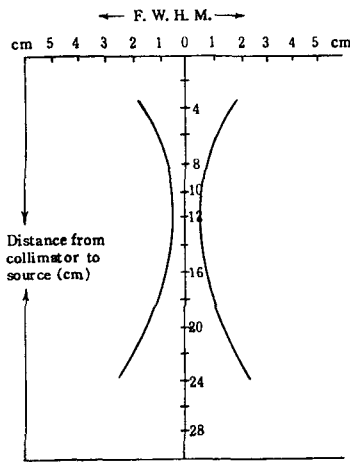
[A] Collimator A having 10 cm focal distance



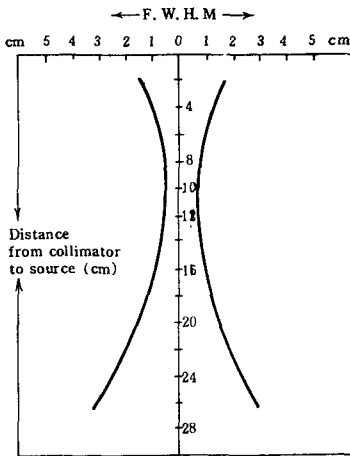
[B] Collimator B having 12 cm focal distance



[C] Collimator C having 10 cm focal distance



[D] Collimator D having 10 cm focal distance



[E] Collimator E having 12 cm focal distance

Fig 3. Resolution curve of multi hole focusing type collimator (A, B, C, D, E)

點型콜리메타에 있어서 보면 그距離에서 半值幅은 B의 콜리메타가 0.8 cm, D는 1.0 cm로서 B의 콜리메타가 D의 콜리메타보다 解像力이 良好한 것으로 나타났다. 또한 焦點距離 (12 cm)보다 2 cm增加한 14 cm의 콜리메타-線源間距離에서의 半值幅은 B가 1.0 cm, D의 콜리메타는 1.15 cm로서 焦點距離에서 보다 各各 25%, 15%의 增加率로 나타났다. 그리고 4 cm增加한 16 cm의 콜리메타-線源間距離에서의 半值幅은 B가 1.1 cm, D는 1.25 cm로서 焦點距離에서 보다 半值幅이 37%, 25% 各各 增加되었다. 反對로 焦點距離 (12 cm)보다 2 cm減少한 10 cm의 콜리메타-線源間距離에서의 半值幅의 增加率은 B의 콜리메타는 半值幅이 1.4 cm로서 75%, D의 콜리메타는 1.2 cm로서 20%이었다. 그리고 焦點距離 (12 cm)보다 4 cm減少한 8 cm의距離에서의 半值幅은 B가 1.6 cm 그리고 D가 1.5 cm로서 100%, 50%의 增加率을 보여 주어 解像力이 低下되고 있었다.

이러한 點을 볼 때, 焦點距離보다 콜리메타-線源間距離가 減少되었을 境遇가 增加되었을 때 보다 半值幅의 增加率은 매우 심하여 解像力이 더욱 低下되고 있었음을 보여 주었으며, 焦點距離에서의 解像力이 가장 좋은 것으로 나타났다. 그리고 各各의 콜리메타에 있어서 콜리메타-線源間距離에 따른 半值幅을 利用하여 解像力曲線을 그린 結果는 그림 3과 같다. 即, 焦點距離에서의 幅은 좁아지고 있는 것으로 나타나 그距離에서 解像力이 가장 좋은 것으로 나타났다.

IV. 考 按

Scintiscanner 裝置에 의해서 檢査臟器에 대한 走査像을 만드는 데는 콜리메타의 感度와 解像力이 크게 左右하고 있다. 感度は 單位 時間當 檢査臟器에서 放出하는 γ 線을 콜리메타에 의해 어느정도 檢出할 수 있는 能力을 뜻하며, 多孔焦點型콜리메타에 있어서 等反應曲線 (isoresponse curve)은 感度, 焦點길이를 測定하는데 指標가 되고 있다.^{2,9)} 이 曲線의 作圖方法은 6) 點線源을 콜리메타의 指向方向으로 수직으로 움직이고 또 指向方向을 따라 콜리메타의 前面으로부터의 距離를 移動하여 그리는 方法이 있으며, 간단한 方法으로서는 檢出器와 콜리메타를 水平方向으로 固定하고 走査시키는 方法이 있다. 그러나 一般적으로 本 檢討에서와 같이 콜리메타의 前面아래에 여러 位置에 놓은 點線源에 對한 photopeak 效率의 測定方法을 使用하고 있다. 多孔焦點型콜리메타에 있어서 感度が 最高로 높은 部分을 焦點이라고 稱하고, 콜리메타의 前面에서 焦點까지의 距離를 焦點距離 (focal distance)라고 한다.^{2)sc-}

intiscanner에서 사용되고 있는 다공焦點型콜리메타는 대부분이 3~5 인치되는 위치에서焦點이 이루어 지도록 考案되었다. 이焦點距離는 NaI (Tl) 結晶의 크기와 關係를 가지고 있다.焦點距離는 NaI (Tl) 結晶의 직경보다 길면 안된다. 即, 3 인치 직경의 NaI (Tl) 結晶體로 된 scintiscanner 裝置에서는 3 인치의焦點距離를 갖는 다공焦點型콜리메타를, 그리고 5 인치의 직경인 NaI (Tl) 結晶에서는 3~5 인치의焦點距離를 가지는 다공焦點型콜리메타를 各各 使用해야 한다.⁷⁾ 왜냐하면 一定한焦點距離보다 가까운點에서放出되는 많은 量의 γ 線은 콜리메타의 격벽에 依해서 吸收되기 때문이다.⁸⁾ 本 檢討에서도 보면 주어진焦點距離보다 짧아졌을 때가 길어졌을 경우에 比하여 感度の 低下가 심한 것을 알 수 있었다. 그러므로 다공焦點型콜리메타를 使用할 때는 正해진焦點距離에서 走査를 하여야만 感度が 좋은 像을 描寫할 수 있다. 그러나焦點距離는 檢査對象臟器의 體表面에서의 길이로 決定하여야 되나 大部分의 境遇線源이 空氣中에 位置된 경우의 것이 裝置에 附屬되어 있다. 그렇지만 實際의 走査에서는 콜리메타에서 1~3 cm의 空氣層이 있어 患者의 體表가 存在하기 때문에 實走査時의焦點의 位置는 公稱의焦點距離보다도 多少 짧게 되어 있다고 생각하는 것이 좋다.²⁾ 例를 들어서 肝의 scanning의 境遇, 公稱 15 cm의焦點距離의 것을 하나 實際의焦點距離는 12~13 cm 程度라고 볼 수 있다.

콜리메타의 特性을 評價하는데 또한 解像力이 있다. 解像力이라는 것은 檢査對象臟器의 윤곽을 再現시킬 수 있는 能力, 또는 크기가 작은 病巢의 存在를 어느 정도까지 선명하게 描寫시킬 수 있는 充實度를 말하는 것이다. 이의 測定方法에는 상접하는 두개의 線源에 對한 檢出能力의 分解距離를 測定하는 法과 MTF (Modulation transfer function)에 依한 方法이 있지만 一般적으로는焦點의 位置에서의 感度に 對하여 50% 感度曲線의 間隙 즉, 半值幅 (Full width half maximum, FWHM)을 求하여 解像力을 表示하고 있다. 特히 等反應曲線은 空氣와 組織에 따라서 比較的 差異가 있지만 半值幅에 依한 解像力曲線 (resolution curve)은 거의 變化가 없어서 이 方法을 많이 擇하고 있다. 本 檢討에서와 같이 다공焦點型콜리메타의 半值幅은焦點部分에서 가장 작아 지고 있다.²⁾ 따라서焦點部分이 이루어 지는 面에 位置한 病巢들은 解像力이 良好한 像으로 描寫될 수 있으나 이焦點面보다 위 혹은 아래에 있는 病巢들은 解像力이 좋지 못한 像으로 된다. 그 理由는 本 檢討에서 보는 바와같이焦點距離보다 긴 혹은 짧은 部位에서 半值幅은焦點이 이루어진 面에 比하여 增加되어 解像力이 感少되기 때문이다.

以上과 같이 다공焦點型콜리메타의 感度나 解像力은 콜리메타의 前面에서의 距離에 따라서 變化하고 있다. 이의 狀態를 綜合적으로 評價하는 方法으로서 Line response curve 의한 것이 便利하다.²⁾ 即, 線綜源을 콜리메타의 前面에서 각각 다른 距離에 配置시켜 이것을 scanner로 走査해서 計數値의 變化를 그리는 方法이다.

一般적으로 콜리메타의 感度和 解像力은 相反되는 性質을 가지고 있다. 本 檢討에서도 보면 콜리메타前面에서 線源間 距離에 따른 다공焦點型콜리메타의 感도가 가장 좋은 것은 E의 콜리메타이나 反對로 解像力은 가장 나쁜 것으로 나타났다. 그러므로 使用者는 콜리메타를 選擇할때 檢査目的 및 檢査臟器 그리고 γ 線의 感度和 解像力에 關한 妥協點을 考慮해서 콜리메타의 種類를 決定하여야 될 것이다.

V. 臨床的 檢討

그림 4는 10 cm 焦點距離를 가지는 다공焦點型콜리메타를 利用하여 콜리메타-Thyroid phantom間 距離를 8 cm, 10 cm, 16 cm로 各各 變化시켜 얻어진 走査像이다. 그 結果를 보면 A는 走査像의 8 cm의 距離에서 走査한 것으로서 좌엽은 低攝取結節을 보여 주었고 우엽의 中間에는 cold area가 不均等하게 나타났다. B는焦點距離인 10 cm에서 走査한 것으로 우엽에서의 cold area가 A보다 선명하게 描寫되었다. 그러나, 콜리메타前面-thyroid phantom間 距離 16 cm에서 走査하였을 때는 C와 같이 좌엽, 우엽에서 攝取는 a, B와는 전혀 다르게 均等한 分布를 보여 주고 있었다.

VI. 結 論

다공焦點型콜리메타의 感度和 解像力에 對하여 實驗한 後 比較檢討한 結果, 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 感度測定으로부터 A, C, E의 다공焦點型콜리메타는焦點距離가 10 cm, B, D의 콜리메타는 12 cm의焦點距離를 나타냈다.
2. A, C, E의 다공焦點型콜리메타중에서 C의 콜리메타가 解像力이 가장 良好한 것으로 나타났다.
3. 一定한焦點距離보다 짧은 距離에서의 感度は 길었을 때 보다 急激히 減少되었다.
- 4.焦點距離에 따른 解像力은焦點距離보다 짧았을 경우가 길었을 때 보다 더욱 심하게 低下되는 것으로 나타났다.

이러한 點을 볼 때 다공焦點型콜리메타를 使用하여 走査像을 描寫할 때는 檢査對象臟器의 位置를 考慮하여

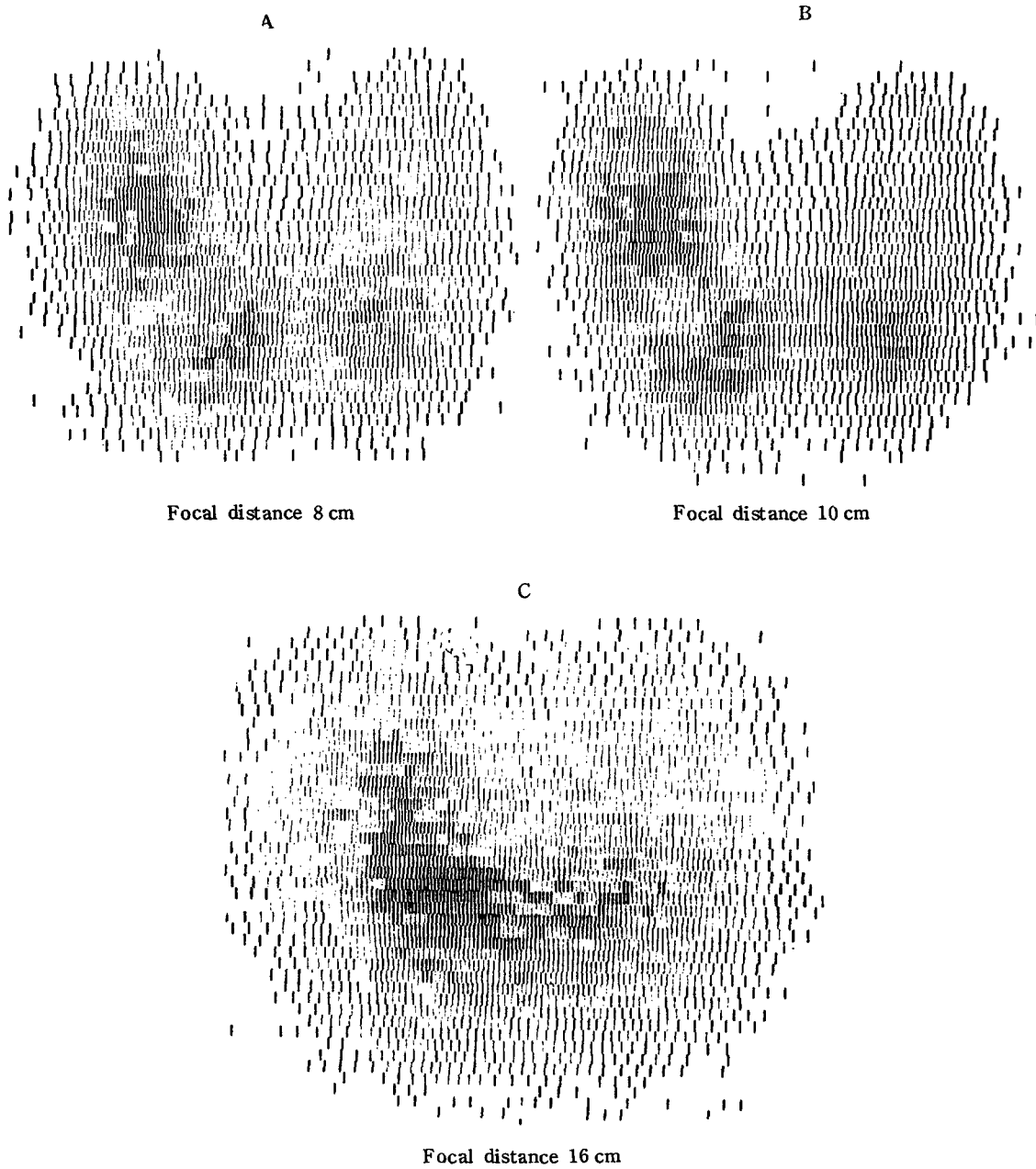


Fig 4. Images of Thyroid Phantom obtained at Focal Distances of 8, 10 and 16 cm from the Focal Plane of Collimator having 10 cm Focal Distance

適當한 焦點距離에서 檢出器를 走査할 必要가 있다고 思料된다.

參 考 文 獻

1. 村山弘泰 : 核醫學, 基礎かう應用まで, 45. マグプロス出版, 1981.
2. 菅原 努, 鳥塚莞爾 : 臨床核醫學, 49-52, 南江堂, 1981.
3. William R. Hendee : Medical Radiation Physics, 418, Year Book Medical Publishers, Inc. 1973.
4. Robert C. Lange : Nuclear Medicine for Technicians, 78, Year Book Medical Publishers, Inc. 1973.
5. 渡邊克司 : 放射性同位元素檢査技術, 87, 南江堂, 1979.
6. 慶光顯 : 核醫學檢査技術, 149, 高文社, 1981.
7. Paul J. Early, Muhammad Abdel Razzak, D. Bruce Sodee : Textbook of Nuclear Medicine Technology, 204, The C. V. Mosby Co, 1975.
8. Sheldon Baum, Roland Bramlet : Basic Nuclear Medicine, 221, Appleton-Century-Crofts, 1975.
9. D. Bruce Sodee : Technology and interpretation of Nuclear Medicine Procedure, 72, The C. V. Mosby Co., 1975.