

Wide-field Gamma Camera 性能의 比較檢討

啓明大學校 東山醫療院 放射線科

李 準 逸

Comparative Evaluation of Wide-field Gamma Camera Performance

Joon - Ill Lee

Dept. of Radiology, Dongsan Medical Center, Keimyung University, Daegu, Korea

I. 緒 論

最近들어 導入되고 있는 Gamma camera 裝置는 Wide-field (有效視野 35 cm ϕ)가 主流를 이루고 있으며, Camera 自體의 性能도 從來의 小視野 (有效視野 25cm ϕ)에 比하여 한층 向上 되었다.

Camera 自體의 性能에 對해서는 製造會社의 製品案 內書에 明記되어 있으나 各製造會社마다 測定方法이 統一되어있지 않기 때문에 그 值로써 機種間의 性能을 比較하는것은 곤란한 일이며, 또한 臨床에 必要한 性能 表示가 반드시 되어있는 것도 아니다.

그래서 使用者의 立場에서 測定方法은 一定하게 하여 또 臨床에 적합한 方法으로 性能評價를 試驗하여 보았다.

Camera 의 性能을 客觀的으로 評價할 必要性에서 外國의 勸告案^{1,2)}에는 Computer에 依한 數值解析을 勸告하고 있으나 이번의 測定에는 各 Camera 마다 施設이

다르고 Computer 를 보유하지 않은 施設도 있었기 때문에 評價方法으로써 核醫學技術者에 依한 視覺評價方法을 채택하였다.

II. 對象 및 方法

對象으로한 機種은 1) Ohio nuclear 製의 Σ 410 S 2) Searle 製의 LFOV, 3) Hitachi 製의 RC-IC-1635 LD 이었고, 이들 裝置의 檢出器 型狀은 Table 1과 같으며 各 機種 모두 檢出器의 有效視野는 35 cm 前後의 것이었다.

Hitachi 製는 結晶의 두께를 9.5 mm로 얇게 하고 또 光電子增倍管의 直徑을 5 cm로 해서 分解能을 向上시키고 있었으며 또한 測定에 使用한 高分解能 collimator 의 hole 數는 Camera C)가 85,000으로 가장 많고, 다른 두 機種은 400,000 前後이다.

美國에서는 collimator 製造를 專門會社에 의뢰하여

Table 1. Detector specifications proposed by the manufacturers

	Effective field of view (cm)	Crystal thickness (mm)	Number of P. M.	P. M. Diameter (cm)
A) Ohio nuclear (Σ 410s)	36.8	12.7	37	7.6
B) Searle (LFOV)	38.7	12.7	37	7.6
C) Hitachi (Gamma view)	33.0	3.5	61	5.1

Table 2. Specifications of high resolution collimators offered by the manufacturers

	Number of holes	Hole shape	Hole width (mm)	Hole height (mm)	Septum width (mm)
A) Ohio nuclear	35,000	Triangular	1.6	31.8	0.25
B) Searle	39,500	Triangular	1.6	39.5	0.25
C) Hitachi	85,000	Hexagonal	1.0	28.0	0.14

製造하고 있기 때문에 그形狀이 camera A)와 B)가 類似하다 (Table 2.)

試驗은 a) 固有分解能과 綜合分解能 (phantom 使用) b) 均一性和 綜合均一性, c) 畫像歪 (格子狀 phantom 使用) d) 計數率特性, e) phantom-檢出器間 距離에 對한 分解能의 依存性, f) 各種 collimator에 依한 感度比較 等に 對하여 行하였다.

線源은 모두 ^{99m}Tc 를 使用했으며, 또 camera 固有의 性能을 試驗할 때는 點狀線源으로 하고, 綜合的인 性能을 試驗할 때는 面狀線源을 使用했다.

III. 視覺評價法

前項의 方法에 依하여 얻은 畫像을 核醫學技術者가 各各 別個로 評價하여 Table 3에 나타낸 表에 得點을 매겼다.

採點方法은 分解能試驗에서는 slit 間隔 2.3 mm, 3.1 mm, 4.0 mm 및 4.7 mm 의 4 區劃으로 分割된 phantom 가운데 最小間隔인 2.3 mm 가 分解된 것으로 생각되는 것을 4 點으로 하고, 다음에 3.1 mm 가 分解되

Table 3. Score sheet for visual inspection

Signs (+) and (-) correspond to cameras with and without collimator, respectively.

	Score	Sheet
		A B C A' B'
Resolution	(+) (-)	
Uniformity	(+) (-)	
Linearity		
Phant. Exam	0 cm 12 cm	

- A) Ohio nuclear ($\Sigma 410\text{S}$).....DUFC ; on
- B) Searle (LFOV)
- C) Hitachi (Gamma view RC-IC-1635LD)
- A') Ohio nuclear ($\Sigma 410\text{S}$)..... DUFC ; off
- B') Searle (LFOV, Scinti view)

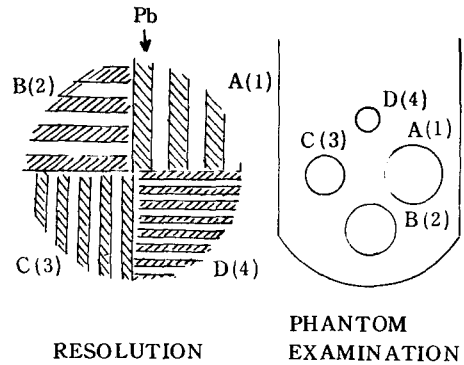


Fig. 1. Schematic drawings of the bar phantom and liver slice phantom used in present comparative studies

The bar phantom contains four sectors, the slit-widths of which are (A) 4.7, (B) 4.0, (C) 3.1 and (D) 2.3 mm.

The liver slice phantom contains four holes of different sizes ; (A) 15.0, (B) 12.5, (C) 10.0, and (D) 7.5 mm.

Figure in parentheses indicates the score assigned to the slit-width and the hole diameter.

어 있으면 3 點으로 해서 以下 順次點數를 붙이는 方法을 택했다.

phantom-檢出器間 距離依存性試驗에서는 肝 slice phantom 의 6 個구멍중 最小구멍의 직경에서 7.5 mm, 10 mm, 12.5 mm, 15.0 mm 의 4 個에 對하여 直徑 7.5 mm 의 구멍을 分解하고 있다고 생각될 때 4 點으로 하고 以下 順次點數를 붙였다 (Fig. 1).

畫像歪과 均一性에 對해서는 5 段階評價로 行하여 最良, 良, 讀影上 問題가 되지않은惡, 惡, 그리고 使用不可能의 順으로 點數를 매겼다.

表中の (+)(-)는 collimator 의 有無를, (A) 는 均一性 補正回路 (DUFC) 의 on, (A') 는 off 를 나타내고 있다.

IV. 結 果

分解能 試驗의 結果를 Fig. 2에 表示했다.

그래프상 검은부분은 collimator를 벗긴 固有分解能

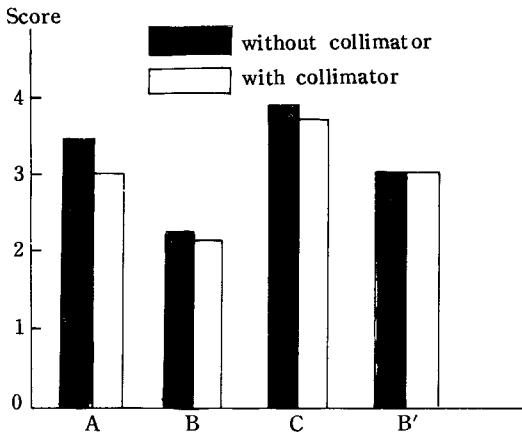


Fig. 2. Scores of visual inspection on spatial resolution of cameras with and without the collimator

- A) Ohio (Σ 410s)
- B) Searle (LFOV)
- C) Hitachi (Gamma view RC-IC-1635 LD)
- B') Searle (LFOV, scinti view)

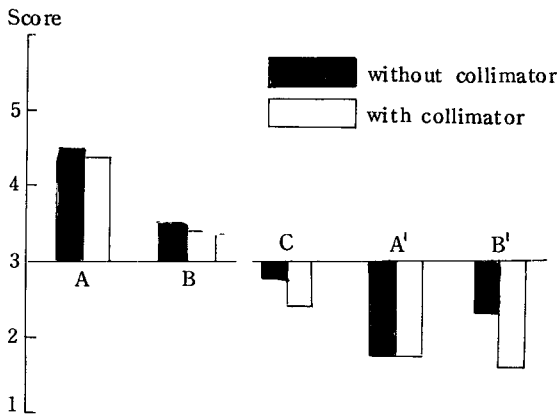


Fig. 1. Scores of visual inspection on uniformity of cameras with and without the collimator

- A) Ohio nuclear (Σ 410s) ---- DUFC ; on
- B) Searle (LFOV)
- C) Hitachi (Gamma view RC-IC-1635 LD)
- A') Ohio nuclear (Σ 410s) ---- DUFC ; off
- B') Searle (LFOV, scint view)

이고 흰부분은 collimator를 포함한 綜合分解能이다. 縱軸은 核醫學技術者들의 視覺評價에 依하여 얻은 점수의 平均値이다.

그림에서 固有分解能, 綜合分解能 모두 camera C)가 우수한편이며, 이것은 結晶이나 光電子倍增管等 檢出器의 構造를 改造하여 高分解能化한 結果라 생각된다.

均一性 및 綜合均一性에 對한 結果는 Fig. 3에 나타내었다.

그림의 表示는 日常檢査에 使用해도 別다른 影響이 없다고 생각되는 均一性을 3點으로 規定하고 이 점수를 基準하여 그래프를 作成하였다.

그래프에 있어 camera A)와 A')의 得點에서 보는 바와 같이 均一性補正回路의 效果는 현저하다.

또 모든 機種에 있어 collimator 장치에 依한 均一性의 劣化가 보인다.

畫像歪에 對한 結果는 Fig. 4에 나타냈다. 評價方法 및 表示方法은 均一性試驗과 같이 行했으며, 모든 機種이 基準以上の 性能을 保持하고 있었으며 그중에는 camera C)가 우수한 편이었다.

計數率特性은 線源增加法에 依하여 測定하였으며, Fig. 5는 橫軸에 眞計數率, 縱軸에는 測定計數率을 취하여 얻은 曲線이다.

波高分析器의 window를 20%로 하여 求했으며, 또 眞値 N (그래프상 45°로 된 直線)과 거기에 10%低下한 點의 測定値 n로 다음式

$$\tau = (N-n) / (N \times n) \dots \dots \dots (1)$$

에서 不感時間 τ 을 求하여 最高計數率과 같은 表에 載었다 (Table 4).

Fig 6은 肝 slice phantom-檢出器間 距離의 增加에

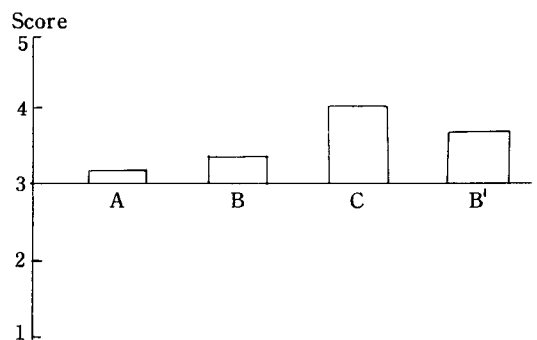


Fig. 4. Scores of visual inspection on linearity of cameras with the high resolution collimator

- A) Ohio nuclear (410 S)
- B) Searle (LFOV)
- C) Hitachi (Gamma view RC-IC-1635 LD)
- B') Searle (LFOV-scinti view)

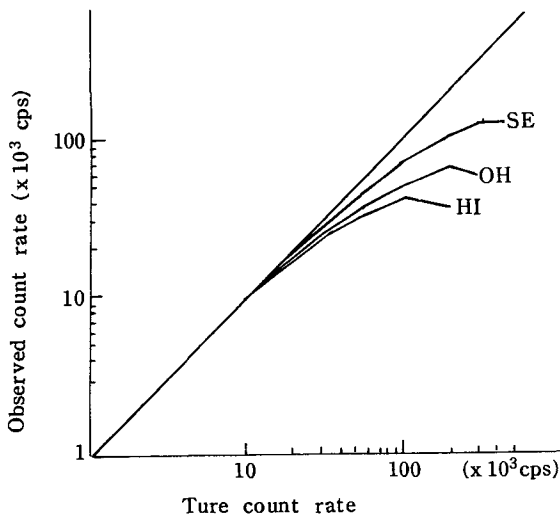


Fig 5. Count rate characteristics of the cameras, Ohio nuclear (OH), Searle (SE), Hitachi (HI), using 20 % window for Tc-99m. The straightline indicates the theoretical count rate for zero dead-time.

依한 分解能의 低下를 살핀것이다.

그래프 上段의 數値는 phantom-檢出器間距離를 0 cm에서 12 cm로 한 步의 分解能의 劣化率을 나타내고 있다.

距離 0 cm 일때의 分解能은 camera C)가 우수한편이며, 分解能試驗 (Fig 2)과 같은 傾向을 보였다.

Table 4. Dead time and maximum count rate

	Dead time (μ sec.)	Maximum count rate (kcps)
A) Ohio nuclear	5.6	68
B) Searle*	3.0	133
C) Hitachi	6.2	61

* High count rate mode

Table 5. Relative sensitivity of cameras with high resolution and high sensitivity collimators

	High resolution collimator	High sensitivity collimator
A) Ohio nuclear	1.00	3.14
B) Searle	1.09	3.30
C) Hitachi	0.74	3.04

Tc-99m source, Window 20 %, Total count 50×10^4

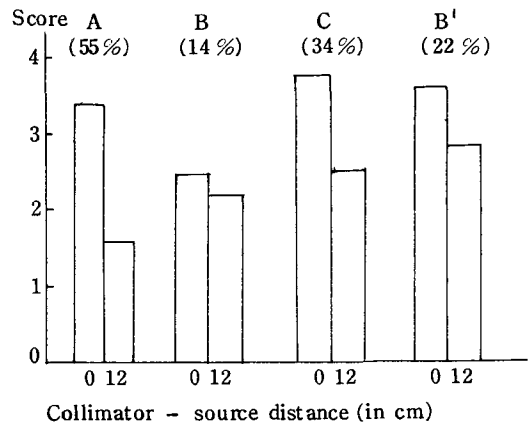


Fig. 6. Scores of visual inspection on system resolution with the IAEA liver slice phantom. Numbers zero and 12 indicate the distance (cm) from the collimator face to the source.

A) Ohio nuclear (410 S)

B) Searle (LFOV)

C) Hitachi (Gamma view RC-IC-1635 LD)

B') Searle (LFOV, scinti view)

Table 5는 高分解能 collimator 및 高感度 collimator 부착때의 相對感度を 比較한 것인데 高分解能 collimator를 부착한 camera A)의 感度を 1로 하였으며 高分解能 collimator 부착시의 感度は collimator의 形狀과 잘 相關하고 있고 또 高感度 collimator의 感度比는 거의 비슷하였다.

V. 考 按

1958年 Anger³⁾에 依하여 gamma-camera가 開發되어 그후 Nuclear medicine imaging에 있어 畫質이 급격히 向上되어 現在는 直徑 35 cm의 wide-field gamma camera가 臨床에 이용되고 있다.

이들의 大視野 camera는 從來의 小視野에 比하여

Table 6. Performances offered by the manufacturers

	Intrinsic Resolution (FWHM, mm)	Max. count-rate* (kcps)	Dead time (μ sec)	Energy resolution (FWHM, keV)
A) Ohio nuclear	5.0	200 (100% W)	4.5*	19.6
B) Searle	5.1	200 (95% W)	2.0**	18.2
C) Hitachi	3.6	80 (50% W)	5.0	17.2

* Maximum count rate measured with the energy window given in parentheses

** D U F C mode ; off

*** High count rate mode ; on

性能이 한층 向上되었고, Burdine 등⁴⁾도 臨床의 有效性을 報告하고 있으나, 이들 camera의 性能은 製造會社로부터 提供되는 製品案内書가 業者間의 測定方法이 統一되어 있지 않아서 (Table 6) 例컨데 最高計數率이라고 하여도 energy-window가 다르기 때문에 最高計數率이 다르고, 거기에 의한 不感時間도 달라진다.

여기에서 우리가 알고자 하는 것은 臨床使用 window (예컨데 20%)로 最高 몇 kcps計數가 可能한가에 있다.

그러므로 使用者의 立場에서 性能을 파악해둘 必要가 있으며, 이때문에 試驗方法에 對한 勸告案^{1,2)}과 試驗에 對한 報告⁵⁻⁸⁾ 등이 있었다.

이에 筆者도 wide field camera中 3機種을 對象으로 性能比較試驗을 上記와 같이 해보았으나 裝置의 性能은 날로 發展하기 때문에 이번엔 선택한 裝置들도 購入時間의 차이등이 있어 新製品의 開發, 或은使用裝置의 老化등이 고려되기 때문에 이번의 試驗結果가 그機種의 性能을 절대적으로 代表하는 것은 아니다.

VI. 結 論

Wied-field gamma camera性能을 比較 檢討한 結果, 다음과 같은 結論을 얻었다.

즉, camera A)와 같이 均一性 補正回路에 依한 均一性を 改善한 機種, camera B)와 같이 計數率 特性이 우수한 機種, camera C)와 같이 分解能이 뛰어난 機種등 各 機種마다 特性을 가지고 있으므로 購入機種을 選定할때는 檢査目的에 따라서 選定할 必要가 있다

고 생각한다.

參 考 文 獻

1. 日本アイソトープ協會, イメージング規格化小委員會: アンガー型シンチレーションカメラの性能試驗條件, Radioisotopes 26 : 743-746, 1977.
2. 日本放射線技術學會, RI檢査技術小委員會: 裝置の性能檢査法, 日本放射線技術學會誌 34 : 644-651, 1979.
3. Anger HO : Scintillation camera, Rev. Sci. Instrum, 29 : 27-33, 1958.
4. Burdine JA, Murphy PH : Clinical efficacy of a large field of view scintillation camera, J. Nucl. Med., 16 : 1158-1165, 1975.
5. Payne JT, Williams LE, Ponte RA, et al : Comparison and performance of Anger cameras, Radiology, 109 : 381-386, 1973.
6. Lim CB, Hoffer PB, Rollo FD, et al : Performance evaluations of recent wide field scintillation gamma cameras, J. Nucl. Med., 19 : 942-947, 1978.
7. Royal HD, Brown PH, Clauch BC : Mobile gamma cameras : A comparative evaluation, Radiology, 128 : 229-234, 1978.
8. 福喜多博義: 大視野ガンマカメラの性能評價, 核醫學, 19 : 461-466.