

## Original article

## 감마카메라의 중장기 외인성 균일도 분석

김윤재, 정우영\*, 이동훈  
서울아산병원 핵의학과

## Long-Term Extrinsic Uniformity Analysis of Gamma Cameras

Yoon-Jae Kim, Woo-Young Jung\*, and Dong-Hoon Lee

Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea

\*Corresponding Author : Woo-Young Jung, Department of Nuclear Medicine, Asan Medical center, 388-1 Pungnap-2 dong, Songpa-gu, Seoul, 05505, Rep. of Korea, Tel : +82-2-3010-2104, E-mail : [wjyoung@amc.seoul.kr](mailto:wjyoung@amc.seoul.kr)

## ABSTRACT

**Purpose:** The long-term trend of extrinsic uniformity by type of gamma camera was analyzed, and the factors affecting uniformity were investigated. Based on this, the purpose was to predict the life of the gamma camera, pay attention to factors that affect uniformity, and obtain better quality images. **Materials and methods:** Four of the gamma cameras in operation at a senior general hospital in Seoul were selected and the trend of extrinsic uniformity from the first operation date to the present was analyzed. In order to minimize various factors affecting uniformity, a detailed analysis was conducted by calculating the monthly and annual average of the uniformity values. **Results:** Two Symbia E gamma cameras from SIEMENS, one Symbia Evo Excel gamma camera, and one Symbia Intevo16 gamma camera were selected and analyzed. The uniformity of Symbia E<sub>1</sub> (2012 warehousing) changed unevenly, and the uniformity of Symbia E<sub>2</sub> (2014 warehousing) changed according to the replacement cycle of <sup>57</sup>Co sheet sources. The uniformity of Symbia Evo Excel (received in 2017) and Symbia Intevo 16 (received in 2017) was constant compared to Symbia E. **Conclusion:** The extrinsic uniformity of the gamma camera gradually increased over time. However, there was a difference in uniformity for each type of gamma camera, and there was a change in uniformity in which the cause could not be accurately identified. In order to improve the quality of the image, it is necessary to periodically check changes in uniformity and minimize factors that affect uniformity.

**Key words:** Gamma Camera, Extrinsic Uniformity, <sup>57</sup>Co Sheet Source

## 서론

감마카메라의 일간 정도관리에서 균일도 측정은 핵의학 검사를 시작하기 전에 시행하는 가장 중요한 점검항목 중 하나이며 SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) 검사를 시행하는 감마카메라는 균일도의 저하로 링 아티팩트가 발생할 수 있으므로 균일도 측정에 주의를 기울여야 한다[1]. 또한 균일도의 장기적인 기록과 변화의 분석은 감마카메라의 성능을 직접적 또는 간접적으로 평가할 수 있는 기준이 될 수 있다[2]. 감마카메라의 일간 정도관리 방법은 점 선원을 사용하는 내인성(Intrinsic) 균일도 측정과 면 선원을 사용하는 외인성(Extrinsic) 균일도 측정으로 구분할 수 있다. 외인성 균일도 측정은 내인성 균일도 측정과 비교하여 선원의 제조가 불필요하여 방사선 작업 종사자의 피폭을 감소시킬 수 있으며, 짧은 측정시간을 가져 원활한 환자 검사 준비를 할 수 있고, 콜리메이터를 장착한 상태에서 수행하기 때문에 크리스털의 손상을 방지할 수 있는 장점이 있다[1]. 또한 콜리메이터에 의해 발생하는 불균일성

에 의한 영상 왜곡을 감소시켜 영상 품질을 크게 향상시킬 수 있기 때문에 일반적으로 감마카메라의 일간 정도관리로써  $^{57}\text{Co}$  면 선원을 이용한 외인성 균일도 측정을 시행한다[3, 4]. 일간 정도관리로 외인성 균일도 측정방법을 사용하는 서울 소재 일개 상급종합병원을 대상으로 감마카메라의 종류별 외인성 균일도의 중장기적인 추세를 분석하였다. 이를 바탕으로 감마카메라의 수명을 예측하고, 균일도에 영향을 주는 요인들에 대한 주의를 기울여, 보다 우수한 질의 영상을 획득하는데 그 목적이 있었다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구대상

서울 소재 일개 상급종합병원에서 가동중인 감마카메라 중 SIEMENS사에서 생산된 4대(Symbia E<sub>1</sub> : 2013년 12월 입고, Symbia E<sub>2</sub> : 2014년 4월 입고, Symbia Evo Excel : 2017년 4월 입고, Symbia Intevo16 : 2017년 4월 입고)를 연구대상으로 하였다(Fig. 1-3).



**Fig. 1.** Symbia E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> gamma camera was used in this study.



**Fig. 2.** Symbia Evo Excel gamma camera was used in this study.



**Fig. 3.** Symbia Intevo 16 gamma camera was used in this study.

## 연구 방법

서울 소재 일개 상급종합병원의 외인성 균일도 측정 방법으로는  $^{57}\text{Co}$  면 선원을 사용하여 1,000만 계수를 획득하고 해당 영상 데이터를 PACS (Picture Archive and Communication System)로 전송하면 PACS 프로그램에서 자동으로 해당 균일도 값을 분석하여 화면 우측 하단에 detector 별 균일도의 분석 값이 디스플레이 되도록 구현이 되어 있다(Fig. 4). PACS 프로그램상의 NM Q.C. Graph를 이용하여 각 감마카메라별 detector 1의 외인성 균일도를 엑셀 파일로 추출하였고, 그 값의 월별 및 연별 평균을 산출하여 각 감마카메라의 첫 가동일부터 2022년 7월까지 외인성 균일도의 중장기적인 추세를 상세 분석하였다(Fig. 5).

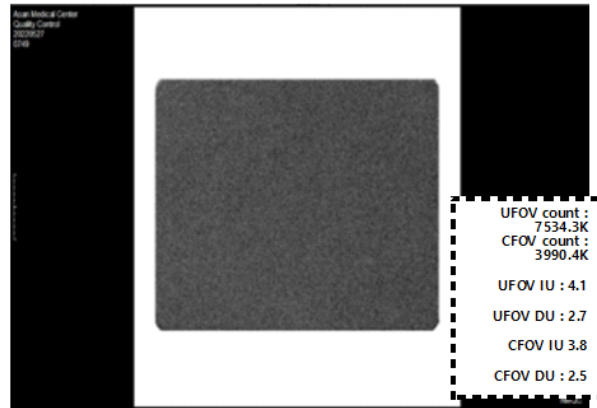


Fig. 4. The PACS program automatically analyzes and displays the uniformity value.

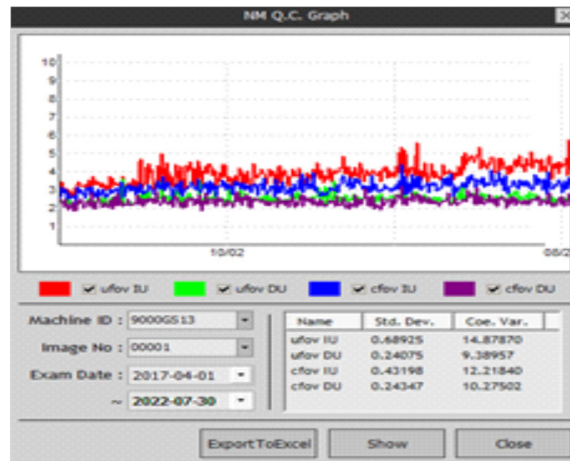


Fig. 5. Uniformity values for each gamma camera were extracted through NM Q.C. Graph on the PACS program.

## 결과

### 1. 감마카메라의 종류에 따른 월별 및 연도별 외인성 균일도 분석

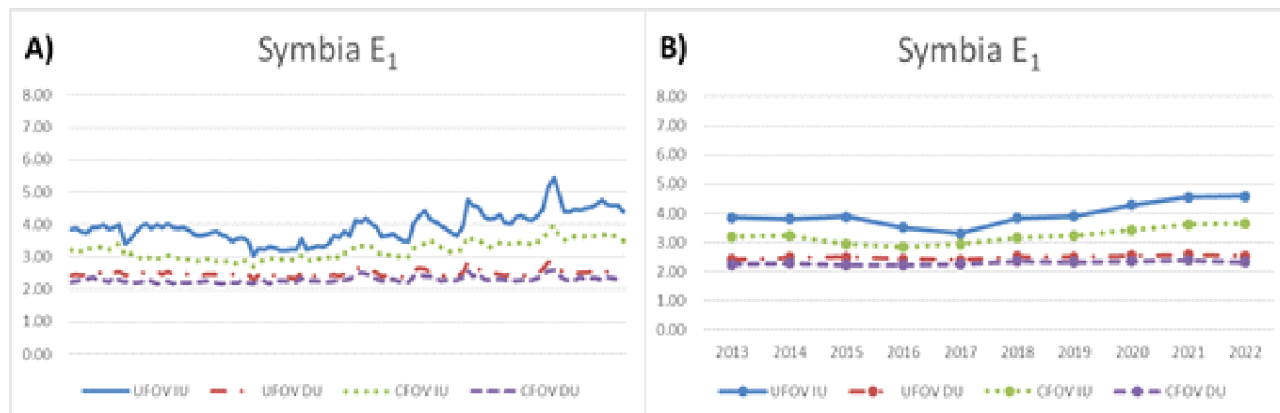
Symbia E<sub>1</sub>의 균일도는 2013년부터 2017년까지 유지 및 개선되었고 2018년부터 상승하였다(Table 1)(Fig. 6). Symbia E<sub>2</sub>의 2014년 4월부터 2022년 7월까지의 균일도는  $^{57}\text{Co}$  면 선원의 교체 주기인 1~2년 주기로 변화하였고 그 추세가 일정하게 유지되었다(Table 2)(Fig. 7). Symbia Evo Excel과 Symbia Intevo16의 2017년 4월부터 2022년 7월까지의 균일도는 Symbia E<sub>1</sub>과 Symbia E<sub>2</sub>에 비해 일정하게 상승하였다(Table 3, 4)(Fig. 8, 9).

**Table 1.** Analysis of extrinsic uniformity of symbia E<sub>1</sub> by year

|                       |           | Year |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                       |           | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| Symbia E <sub>1</sub> | UFOV* IU† | 3.85 | 3.80 | 3.88 | 3.52 | 3.30 | 3.83 | 3.90 | 4.27 | 4.56 | 4.58 |
|                       | UFOV DU‡  | 2.42 | 2.47 | 2.49 | 2.43 | 2.39 | 2.51 | 2.49 | 2.54 | 2.47 | 2.52 |
|                       | CFOV§ IU  | 3.21 | 3.23 | 2.94 | 2.85 | 2.93 | 3.17 | 3.23 | 3.42 | 3.60 | 3.63 |
|                       | CFOV DU   | 2.24 | 2.29 | 2.23 | 2.23 | 2.25 | 2.34 | 2.31 | 2.35 | 2.38 | 2.33 |

\*UFOV : useful field of view, †IU : integral uniformity,

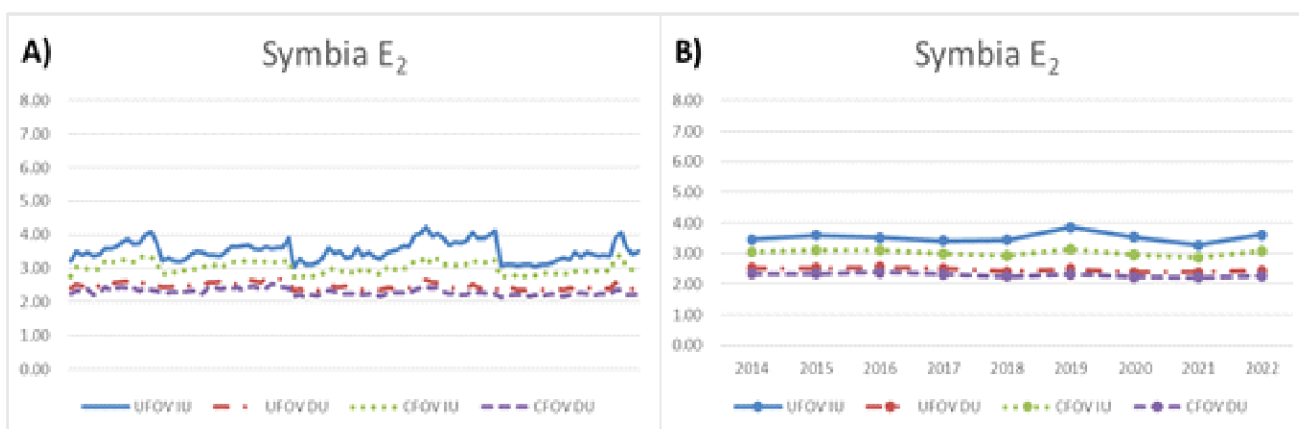
‡DU : differential uniformity, §CFOV : central field of view

**Fig. 6a, 6b.** The monthly average (A) and annual average (B) of Symbia E<sub>1</sub> gamma camera was expressed in a graph.**Table 2.** Analysis of extrinsic uniformity of symbia E<sub>2</sub> by year

|                       |                                   | Year |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                       |                                   | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| Symbia E <sub>2</sub> | UFOV <sup>a</sup> IU <sup>†</sup> | 3.47 | 3.60 | 3.52 | 3.41 | 3.44 | 3.85 | 3.53 | 3.28 | 3.61 |
|                       | UFOV DU <sup>‡</sup>              | 2.52 | 2.53 | 2.56 | 2.52 | 2.42 | 2.50 | 2.39 | 2.39 | 2.45 |
|                       | CFOV <sup>§</sup> IU              | 3.05 | 3.11 | 3.11 | 2.98 | 2.92 | 3.15 | 2.98 | 2.87 | 3.09 |
|                       | CFOV DU                           | 2.34 | 2.34 | 2.39 | 2.33 | 2.26 | 2.33 | 2.23 | 2.22 | 2.27 |

\*UFOV : useful field of view, †IU : integral uniformity

‡DU : differential uniformity, §CFOV : central field of view

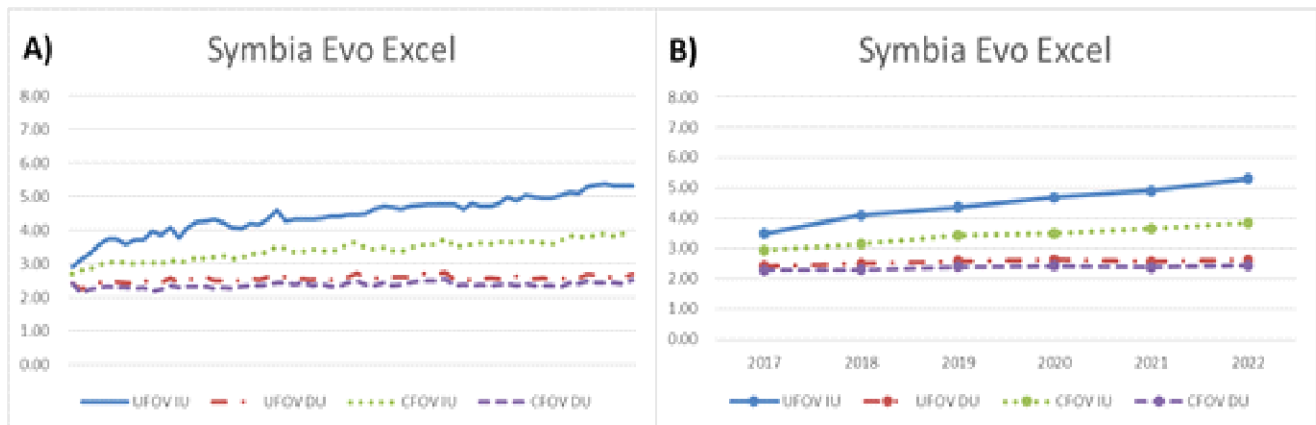
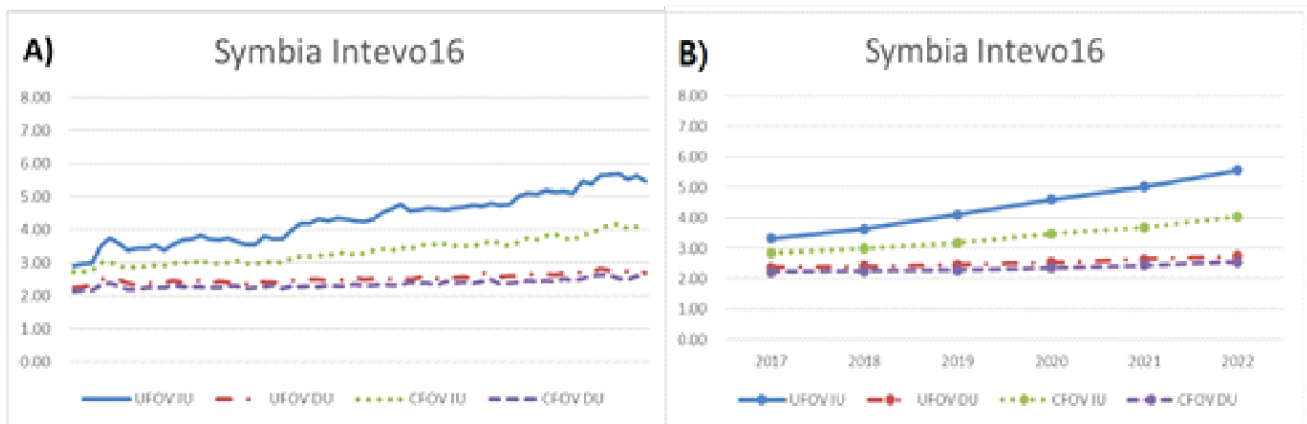
**Fig. 7a, 7b.** The monthly average (A) and annual average (B) of Symbia E<sub>2</sub> gamma camera was expressed in a graph.

**Table 3.** Analysis of extrinsic uniformity of symbia evo excel by year

|                  |                       | Year |      |      |      |      |      |
|------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
|                  |                       | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| Symbia Evo Excel | UFOV* IU <sup>†</sup> | 3.48 | 4.09 | 4.36 | 4.69 | 4.92 | 5.30 |
|                  | UFOV DU <sup>‡</sup>  | 2.43 | 2.51 | 2.58 | 2.62 | 2.57 | 2.63 |
|                  | CFOV <sup>§</sup> IU  | 2.94 | 3.14 | 3.43 | 3.51 | 3.65 | 3.85 |
|                  | CFOV DU               | 2.28 | 2.30 | 2.40 | 2.42 | 2.37 | 2.44 |

\*UFOV : useful field of view, <sup>†</sup>IU : integral uniformity<sup>‡</sup>DU : differential uniformity, <sup>§</sup>CFOV : central field of view**Table 4.** Analysis of extrinsic uniformity of symbia intevo16 by year

|                 |                       | Year |      |      |      |      |      |
|-----------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
|                 |                       | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| Symbia Intevo16 | UFOV* IU <sup>†</sup> | 3.32 | 3.63 | 4.11 | 4.61 | 5.02 | 5.56 |
|                 | UFOV DU <sup>‡</sup>  | 2.39 | 2.42 | 2.47 | 2.54 | 2.65 | 2.75 |
|                 | CFOV <sup>§</sup> IU  | 2.86 | 2.99 | 3.18 | 3.48 | 3.69 | 4.05 |
|                 | CFOV DU               | 2.23 | 2.26 | 2.29 | 2.37 | 2.45 | 2.57 |

\*UFOV : useful field of view, <sup>†</sup>IU : integral uniformity<sup>‡</sup>DU : differential uniformity, <sup>§</sup>CFOV : central field of view**Fig. 8a, 8b.** The monthly average (A) and annual average (B) of Symbia Evo Excel gamma camera was expressed in a graph.**Fig. 9a, 9b.** The monthly average (A) and annual average (B) of Symbia Intevo16 gamma camera was expressed in a graph.

## 2. 감마카메라의 연도별 균일도 추세를 이용한 수명 예측

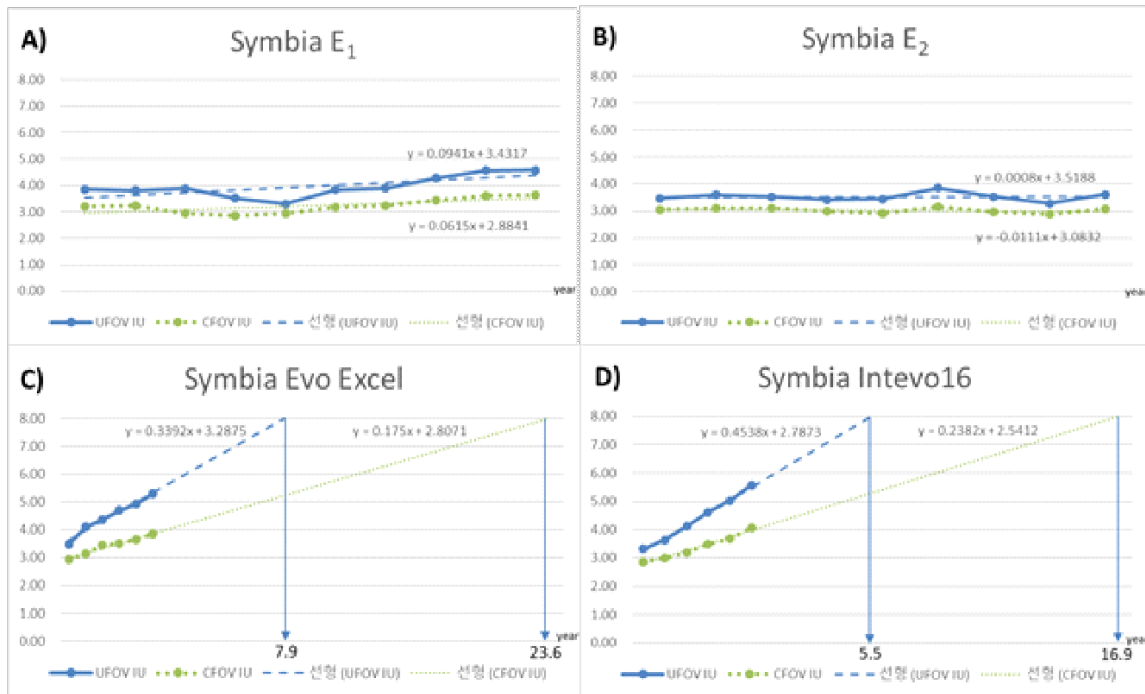
감마카메라의 연도별 그래프에서 UFOV (Useful Field of View) IU (Integral Uniformity)와 CFOV (Central Field of View) IU의 기울기를 이용하여 일정하게 상승하는 추세를 가지는 감마카메라의 예측 수명을 산출하였다. 해당 상급종합병원에서는 균일도가 8%를 초과하면 영상 품질의 심각한 저하로 인해 PACS로 전송할 수 없도록 설정되어 있으므로 각 장비의 균일도 값이 8%까지 오르는 시점을 장비의 수명으로 정하였다. Symbia E<sub>1</sub>과 Symbia E<sub>2</sub>는 기울기가 낮아 수명을 예측할 수 없었고 균일도가 일정하게 상승하는 Symbia Evo Excel과 Symbia Intevo16의 수명은 각각 최소 7.9년에서 최대 23.6년, 최소 5.5년에서 최대 16.9년으로 측정되었다 (Table 5)(Fig. 10).

**Table 5.** Estimation of life by gamma camera using the gradient of annual average graph gamma camera

| Gamma camera          | Symbia E <sub>1</sub> | Symbia E <sub>2</sub> | Symbia Evo Excel | Symbia Intevo16 |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| Gradient of UFOV* IU† | 0.094                 | 0.001                 | 0.339            | 0.454           |
| Gradient of CFOV‡ IU  | 0.062                 | -0.011                | 0.175            | 0.238           |
| Expected life (year)  | -                     | -                     | 7.9~23.6         | 5.5~16.9        |

\*UFOV : useful field of view, †IU : integral uniformity,

‡CFOV : central field of view



**Fig 10a, 10b, 10c, 10d.** The gradient of the annual average graph of the Symbia E<sub>1</sub> (A), Symbia E<sub>2</sub> (B), Symbia Evo Excel (C), Symbia Intevo16 (D) gamma camera were measured and the equipment life was predicted using the trend line.

## 고찰

감마카메라의 detector 1의 균일도만으로 분석을 진행하였기 때문에 detector 2의 균일도에 대한 추가적인 분석도 필요할 것으로 생각된다. 또한 감마카메라는 균일도 외에도 공간 분해능, 회전 중심축 등의 여러 가지 요인에 의해 수명이 결정되므로 외인성 균일도만으로 감마카메라의 정확한 수명을 예측하기에는 제한이 있다고 판단되지만, 균일도 수치가 일정하게 상승하는 감마카메라의 수명 예측은 미래 장비 교체 시기에 대한 대략적인 지표로써 사용될 수 있으리라 기대된다.

## 결론

감마카메라의 외인성 균일도는 시간이 지남에 따라 점차 상승하였고 감마카메라의 종류별로 균일도가 다르게 변화하였다. 또한 균일도가 일정하게 상승하는 감마카메라의 연도별 평균 그래프의 기울기를 사용하여 수명 예측을 하였고 그 중장기적인 데이터는 미래 장비 교체 주기에 대한 지표로써 활용할 수 있을 것이라 여겨진다. 감마카메라의 수명을 연장하고 우수한 영상의 질을 얻기 위해서는 균일도의 추세와 해당 감마카메라의 성능을 주기적으로 확인하고 방사선사별 일간 정도관리 방법을 표준화하는 노력이 더욱 중요할 것이다.

## REFERENCES

1. O'Connor MK. Quality control of scintillation cameras (Planar and SPECT). Eur J Nucl Med. 1999;26:314-9. Retrieved from <https://aapm.org/meetings/99AM/pdf/2741-51264.pdf>
2. Kim JS, Yang HJ, Kim J, Park CR. Phantom image evaluations depending on the quality control-uniformity of brain perfusion SPECT scanner. J Radiol Sci Technol. 2023;46(1):29-36. DOI: <https://dx.doi.org/10.17946/JRST.2023.46.1.29>
3. Bolstad R, Brown J, Grantham V. Extrinsic versus intrinsic uniformity correction for  $\gamma$ -cameras. J Nucl Med Technol. 2011;39(3):208-12. DOI: <http://dx.doi.org/10.2967/jnmt.110.084814>
4. Lee JH, Cho SK, Shim DO. Evaluation of QC value variation and overlapping use according to aging of  $^{57}\text{Co}$  sealed source. Korean J Nucl Med Technol. 2017;21(1):50-3. Retrieved from <https://koreascience.kr/article/JAKO201733348349673.pdf>