

Evaluation of Validity Thyroid Scintigraphy Using Parallel Hole Collimator

Su-Young Park^{1,2}, Ji-Youn Kim³, Sung-Min Ahn^{4,*}

¹Department of Nuclear Medicine, The Catholic University of Korea, Eunpyeong St. Mary's Hospital

²Department of Health Science, Gachon University General Graduate School

³Department of Exercise Rehabilitation, Gachon University

⁴Department of Radiological Science, Gachon University

Received: January 15, 2024. Revised: February 23, 2024. Accepted: February 29, 2024.

ABSTRACT

In this study, When acquisition thyroid scintigraphy images, a parallel hole collimator was applied, and the difference from the pinhole collimator was quantitatively analyzed under each image acquisition condition. Visual size, resolution, sensitivity, signal to noise ratio (SNR), and contrast to noise ratio (CNR) were evaluated using thyroid phantom and point source. When comparing visual size, it was confirmed that an image similar to the size of the pinhole collimator could be obtained only when a magnification ratio of about 2.00 to 2.09 times when applying a parallel hole collimator. There was no tendency in FWHM(mm) measurement using a point source, and sensitivity was high in the parallel hole collimator. SNR and CNR were high when using a low magnification ratio, matrix size of 128×128, and a parallel hole collimator. In images of similar size to the naked eye, when the matrix size was the same, both SNR and CNR were high in the pinhole collimator. Therefore, when performing a thyroid scintigraphy test, if appropriate conditions are set according to the situation of each hospital and a parallel hole collimator is applied, it can be a good option in terms of equipment utilization and work efficiency.

Keywords: Thyroid scintigraphy, Parallel Hole Collimator, Pinhole Collimator, Resolution, Sensitivity

I. INTRODUCTION

갑상샘 질환은 중양, 기능항진을 동반한 갑상샘 종(Goiter), 자가 면역체계의 이상으로 발생하는 갑상샘염 등 다양하게 발생하고 있다^[1,2]. 임상에서는 이러한 갑상샘 질환의 진단을 위해 초음파, 핵의학 적 검사, Triiodothyronine (T3), Tetraiodothyronine (T4), Thyroid Stimulating Hormone (TSH)의 측정 등 의 검사를 시행하고 있다^[2,3].

갑상샘의 질병을 진단하기 위한 핵의학 검사 방법으로는 갑상샘 신티그래피(Thyroid Scintigraphy) 와 갑상샘 섭취율(Thyroid Uptake) 측정이 있는데^[4]

이중 갑상샘 신티그래피는 갑상샘 기능의 정성적, 정량적 평가가 가능한 검사로 갑상샘의 위치, 크기, 기능 평가 및 결절 등을 육안으로 확인할 수 있으며 갑상샘 치료를 위한 사전검사로 시행하기도 한다^[5]. 특히 병리학적으로 진단 할 수 없는 추정 단계에서도 이러한 정보들을 확인할 수 있어 다른 영상검사 방법인 초음파로 단순대체 할 수 없는 상호 보완적으로 시행하는 검사이다^[6-8].

Society of Nuclear Medicine(SNM)에서 2009년에 개정하여 배포한 검사방법에 대한 가이드라인^[9]에 따르면 갑상샘 신티그래피 검사는 방사성 추적자로 방사성 요오드(¹²³I, ¹³¹I) 또는 과산화테크네튬(^{99m}TcO₄⁻)을 체내에 투여한 뒤 갑상샘에서 방출되

* Corresponding Author: Sung-Min Ahn E-mail: sman@gachon.ac.kr Address: 191 Hambangmea-ro, Yeonsu-gu, Incheon, Korea

Tel: +82-32-820-4180

는 감마선을 획득하기 위해 바늘구멍형 조준기 (Pinhole Collimator)를 감마카메라에 장착하여 스캔을 시행하는 것을 권고 하고 있고 실제 바늘구멍형 조준기를 사용 하여 검사를 시행하게 되면 갑상샘과 같은 작은 기관의 고 분해능 영상을 획득할 수 있다^[10,11].

하지만 실제 임상에서는 국내 뿐 아니라 해외의 검사실에서도 바늘구멍형 조준기의 적은 활용도에 따른 미 구비, 검사 시행을 위한 조준기의 교체 시 긴 시간소요 등을 이유로 평행다공형 조준기 (Parallel Hole Collimator)를 사용하여 갑상샘 신티그래피를 시행하는 경우가 많이 있다^[11]. 이러한 현실로 인해 바늘구멍형 조준기를 사용하는 검사에서 평행다공형 조준기로 대체하여 검사를 시행하는 방법에 대한 많은 연구 결과^[11-16]가 발표되었으나 그 대상이 부갑상샘 신티그래피에 집중되어 있고 주로 정성적인 평가로 한정되어 있다.

따라서 본 연구에서는 조준기의 종류(바늘구멍형, 평행다공형), Zoom Factor 및 Matrix Size의 조건을 변경하여 점 선원을 이용한 해상력과 민감도의 변화, 갑상샘 팬텀을 이용한 육안상 영상의 확대율과 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio, SNR)과 대조도 대 잡음비(Contrast to Noise Ratio, CNR)의 변화를 비교, 분석하여 갑상샘 신티그래피 검사시 평행다공형 조준기의 적용에 대해 논의해 보고자 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 실험 장비 및 재료

본 실험에 사용한 감마카메라 장비는 Fig. 1과 같이 지멘스사의 감마카메라(Gamma Camera, Symbia Evo Excel [Siemens, Germany])를 이용하였고, Fig. 2와 같이 갑상샘 팬텀(Thyroid Phantom 128-340, NucleMed, BE)과 점 선원(Point Source)을 이용하여 영상을 획득하였다.

갑상샘 팬텀은 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 의 정상 갑상샘 섭취율인 2~5%를 기준으로 환자 투여량인 185 MBq (5 mCi)의 5% 값인 9.25 MBq (0.25 mCi)을 생리식염수와 희석해 총량 35ml로 팬텀을 제작하였다. 이는 순차

적으로 영상을 획득하는 실험여건상 방사성동위원소의 감쇠로 인해 실험 도중 정상 갑상샘 섭취율의 하한치인 2%를 벗어날 여지가 발생하지 않기 위해 정상 범위의 상한치인 5%로 설정하여 실험을 진행하였다.



Fig. 1. Gamma Camera Symbia Evo Excel (Siemens, Germany).



(a) Thyroid Phantom
(Thyroid Phantom 128-340, NucleMed, BE, 9.25 MBq)



(b) Point Source (1.11 MBq)

Fig. 2. Thyroid Phantom(a) and Point Source(b).

점 선원은 감마카메라 장비의 정도 관리 시 사용하는 1.11 MBq (30 μCi)의 방사능으로 제작 하였다. 실험에 사용한 ^{99m}TcO₄⁻은 Dose Calibrator (CRC-55tR, Canitec, US)를 이용하여 측정하였다.

영상 획득시의 에너지 범위는 ^{99m}TcO₄⁻의 에너지인 140 keV ± 10 %로 설정하였고 바늘구멍형 조준기는 4 mm의 초점을 사용하였으며 평행다공형 조준기는 저에너지 고분해능(Low Energy High Resolution, 이하 LEHR) 조준기를 사용하였다.

2. 실험 방법

2.1. 바늘구멍형 조준기와 LEHR 평행다공형 조준기를 이용하여 획득한 영상의 육안상 크기 비교

이 실험은 갑상샘 팬텀의 영상을 바늘구멍형 조준기와 LEHR 평행다공형 조준기를 이용하여 획득하였을 때 육안상 크기를 비교하는 것을 목적으로 시행하였다. 바늘구멍형 조준기의 경우 갑상샘 팬텀과 조준기와의 거리를 5 cm로 설정하여 확대율을 변경하며 영상을 획득하였고 LEHR 평행다공형 조준기의 경우는 갑상샘 팬텀과 조준기와의 거리를 10 cm로 설정하고 확대율을 변경하며 영상을 획득하였다. 조준기와 팬텀간의 거리 설정은 C 대학병원에서 실제 검사 시 적용하는 설정을 적용하였고 조준기의 형태상 차이와 인체의 해부학적 구조를 반영하여 설정하였다. 각 조준기에서 적용한 Matrix Size는 128×128, 256×256이고 확대율은 장비에서 제공하는 값을 적용하여 시행하였으며 영상 획득 조건은 Table 1과 같다.

Table 1. A Study on the Image Acquisition Using the Thyroid Phantom

Collimator (Distance)	Matrix Size	Acquisition Count	Zoom Factor
Pinhole (5 cm)	128×128	300 K count	1.00
			1.23
			1.45
			1.78
Parallel (LEHR) (10 cm)	256×256	300 K count	2.00
			2.29
			2.67
			3.20

각각의 조준기를 이용하여 획득한 영상에서 표출된 갑상샘 팬텀의 형태를 따라 가로축과 세로축의 최대 길이로 직사각형을 그린 뒤 그 길이를 측정하여 직사각형의 넓이를 구하였고 바늘구멍형 조준기, Matrix Size 128×128, 영상의 확대율을 1.00으로 적용하였을 때의 영상을 기준으로 다른 조건의 영상과 크기를 비교하였다.

2.2. 점 선원을 이용한 해상력과 민감도의 비교

1.11 MBq (30 μCi)의 점 선원을 제작하여 영상 획득 시간을 1분으로 적용하여 Count Per Second (cps)의 계산을 용이하게 하였고 바늘구멍형 조준기와 LEHR 평행다공형 조준기를 사용해 Matrix Size 128×128, 256×256을 적용하고 확대율은 장비에서 제공하는 값을 적용하여 각각 시행하였으며 영상획득 조건은 Table 2와 같다.

Table 2. A Study on the Image Acquisition Using the Point Source

Collimator (Distance)	Matrix Size	Acquisition Time	Zoom Factor
Pinhole (5 cm)	128×128	60 Seconds	1.00
			1.23
			1.45
			1.78
Parallel(LEHR) (10 cm)	256×256	60 Seconds	2.00
			2.29
			2.67
			3.20

해상력의 평가를 위한 FWHM (mm)의 측정은 Siemens Syngo MI Applications VB21A를 이용하였다. 획득한 점 선원의 영상에 Fig. 3과 같이 Profile line을 수직, 수평하게 각 5회씩 반복해서 설정하여 측정된 값의 평균으로 평가를 시행 하였다.

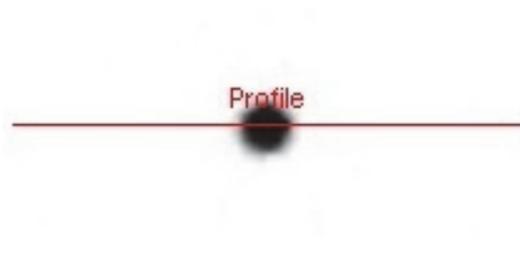


Fig. 3. Profile Line Setting in Point Source Image

민감도 측정은 Siemens Syngo MI Applications VB21A를 이용하여 Count를 측정 한 뒤 영상을 획득한 시간인 60초를 적용하여 cps를 계산한 뒤 이를 방사성 동위원소의 Dose (MBq)로 나누어 측정하였다.(cps/MBq) $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 의 Dose (MBq)는 방사성 동위원소의 특성상 반감기에 따른 방사능 감쇠가 발생하기 때문에 영상 획득 시 시간의 경과에 따른 방사능의 감쇠는 Eq. (1)에 대입하여 보정하였다^[17].

$$N = N_0(1/2)^{t/T} \quad (1)$$

- N : 현재 방사능
- N₀ : 초기 방사능
- t : 소요 시간
- T : 방사성 동위원소의 반감기

2.3. 갑상샘 팬텀 영상을 이용한 SNR과 CNR의 비교

2.1의 실험에서 획득한 영상으로 분석을 시행하였으며 영상획득의 조건은 Table 1과 같다. Image J(National Industries of Health, USA) 프로그램을 이용하여 Fig. 4와 같이 갑상샘 팬텀의 열소부위와 그 주변부에 관심영역(ROI, Region of Interest)을 설정해 각 영역의 신호강도 평균과 표준편차를 측정하였다. 이 과정을 각 영상마다 5회 반복하여 획득한 평균값을 이용하여 SNR과 CNR을 계산하였고 SNR과 CNR의 계산식은 Eq. (2), Eq. (3)와 같다^[18].

$$SNR = ROI SI_{Avr} / ROI SD \quad (2)$$

- ROI SI_{Avr} : 관심영역의 신호강도의 평균
- ROI SD : 관심영역의 신호강도의 표준편차

$$CNR = ROI SI_{Avr} - BKG SI_{Avr} / \sqrt{ROI SD^2 + BKG SD^2} \quad (3)$$

- ROI SI_{Avr} : 관심영역의 신호강도의 평균
- ROI SD : 관심영역의 신호강도의 표준편차
- BKG SI_{Avr} : 주변부의 신호강도의 평균
- BKG SD : 주변부의 신호강도의 표준편차

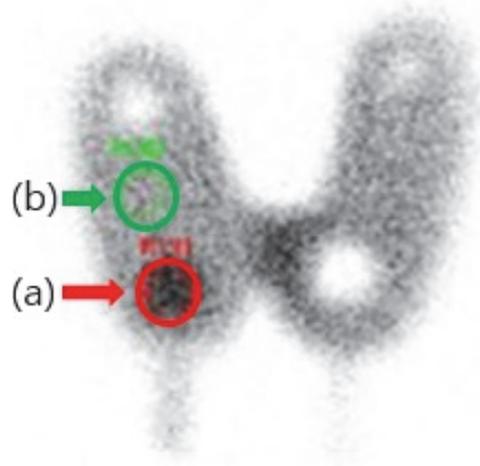


Fig. 4. Thyroid Phantom Image.
(a) Region of Interest(ROI)
(b) Region of Background(BKG)

III. RESULT

1. 바늘구멍형 조준기와 LEHR 평행다공형 조준기를 이용하여 획득한 영상의 육안상 크기 비교

바늘구멍형 조준기와 LEHR 평행다공형 조준기를 이용하여 획득한 갑상샘 팬텀의 영상의 육안상 크기는 두 조준기 모두 Matrix Size 128×128, 256×256에서 동일하게 나타났다. 바늘구멍형 조준기에서 최소 100.00 %에서 최대 1093.43 %, 평행다공형 조준기에서 최소 22.87 %에서 최대 272.73 %로 나타났으며 확대율에 따른 넓이의 변화는 Table 3과 같고 그래프로 나타내면 Fig. 5와 같다.

Table 3. A Comparison of Visual Magnification Ratio on Each Setup(%)

Zoom Factor	Pinhole 128×128	Pinhole 256×256	Parallel 128×128	Parallel 256×256
1.00	100.00	100.00	22.87	22.87
1.23	154.68	154.68	35.66	35.66
1.45	217.35	217.35	50.32	50.32
1.78	328.45	328.45	77.42	77.42
2.00	415.26	415.26	98.18	98.18
2.29	548.53	548.53	129.09	129.09
2.67	750.57	750.57	176.47	176.47
3.20	1093.43	1093.43	272.73	272.73

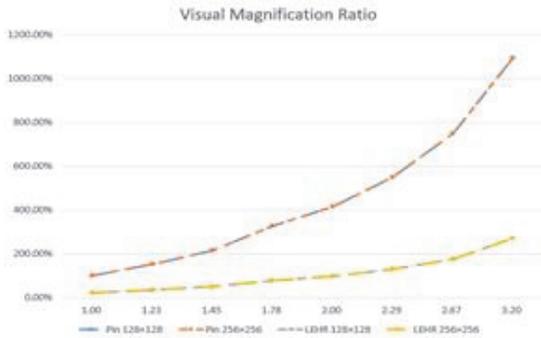


Fig. 5. A Comparison of Visual Magnification Ratio on Each Setup. (Graph)

2. 점 선원을 이용한 해상력과 민감도의 비교

2.1. 점 선원을 이용한 해상력 측정 결과

점 선원을 이용한 해상력의 측정 결과 두 조준기에서 9.02~11.78사이의 값이 측정되었다. 이를 정리하면 Table 4와 같고 그래프로 나타내면 Fig. 6과 같다.

Table 4. A Comparison of Resolution on Each Setup. (FWHM, mm)

Zoom Factor	Pinhole 128×128	Pinhole 256×256	Parallel 128×128	Parallel 256×256
1.00	11.78	10.81	11.52	10.96
1.23	11.00	10.65	11.03	10.76
1.45	10.82	11.12	10.47	11.16
1.78	10.89	11.14	9.63	11.06
2.00	11.12	10.12	9.85	10.26
2.29	10.71	10.37	9.39	9.41
2.67	10.76	9.02	9.88	9.36
3.20	9.96	9.28	9.04	10.07

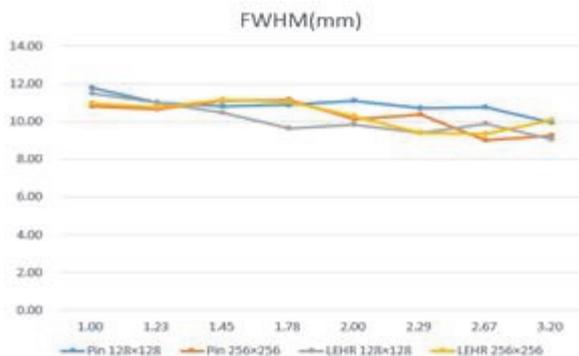


Fig. 6. A Comparison of Resolution on Each Setup. (Graph)

해상력을 확인하기 위한 FWHM (mm) 측정 결과 조준기의 종류와 확대율, Matrix Size에 따른 경향성을 나타내지 않는 것을 확인할 수 있다.

2.2. 점 선원을 이용한 민감도 측정 결과

점 선원을 이용한 민감도의 측정 결과는 바늘구멍형 조준기에서 최소 57.35에서 최대 61.39, 평행다공형 조준기에서 최소 93.99에서 최대 119.03으로 나타났다. 이를 정리하면 Table 5와 같고 그래프로 나타내면 Fig. 7과 같다.

Table 5. A Comparison of Sensitivity on Each Setup. (cps/MBq)

Zoom Factor	Pinhole 128×128	Pinhole 256×256	Parallel 128×128	Parallel 256×256
1.00	59.63	59.32	115.92	119.03
1.23	59.84	61.39	114.25	115.84
1.45	58.68	58.82	112.97	112.10
1.78	60.08	60.68	107.24	105.92
2.00	61.13	59.01	101.64	102.95
2.29	59.36	61.38	98.45	99.50
2.67	57.91	58.66	95.97	94.03
3.20	57.39	57.35	93.99	94.23

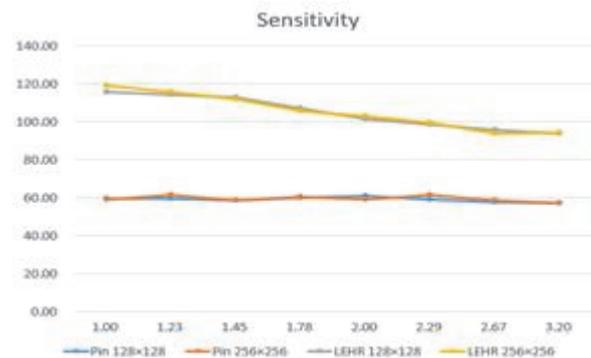


Fig. 7 A Comparison of Sensitivity on Each Setup. (Graph)

민감도 측정 결과 LEHR 평행다공형 조준기에서 바늘구멍형 조준기보다 약 1.53~2.07배 높은 민감도를 나타내고 있음을 알 수 있었고 확대율과 Matrix Size에 따른 경향성은 없는 것을 확인할 수 있다.

3. 갑상샘 팬텀 영상을 이용한 Signal to Noise Ratio, SNR)과 대조도 대 잡음비(Contrast to Noise Ratio, CNR)의 비교

3.1. 갑상샘 팬텀 영상을 이용한 SNR의 측정결과

갑상샘 팬텀 영상을 이용한 SNR의 측정결과는 바늘구멍형 조준기에서 최소 3.56에서 최대 11.78, 평행다공형 조준기에서 최소 6.41에서 최대 14.85로 나타났다. 이를 정리하면 Table 6과 같고 그래프로 나타내면 Fig. 8과 같다.

Table 6. A Comparison of SNR on Each Setup

Zoom Factor	Pinhole 128×128	Pinhole 256×256	Parallel 128×128	Parallel 256×256
1.00	11.78	7.80	14.85	12.39
1.23	9.65	7.04	13.53	11.44
1.45	9.47	6.79	12.81	9.84
1.78	8.60	5.87	12.54	8.64
2.00	7.42	5.33	10.25	7.61
2.29	7.11	4.30	8.96	7.08
2.67	6.61	3.95	8.80	6.61
3.20	5.72	3.56	8.04	6.41

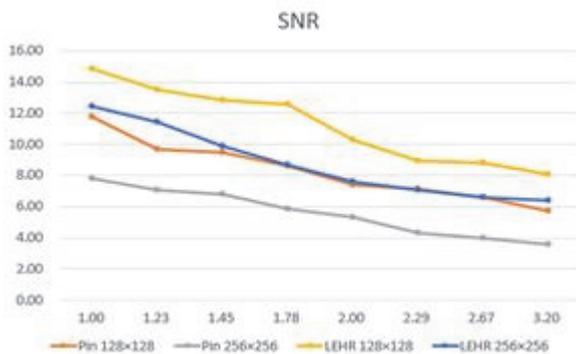


Fig. 8. A Comparison of SNR on Each Setup. (Graph)

SNR 측정 결과 확대율의 변화에 따른 SNR은 확대율이 높아질수록 점차 낮아지는 경향을 보였다. Matrix Size의 변화에 따른 SNR은 128×128을 적용하였을 때 256×256인 경우 보다 높게 나타났다. 조준기의 변화에 따른 SNR은 LEHR 평행다공형 조준기를 장착하였을 경우가 바늘구멍형 조준기를 장착한 경우보다 높게 나타났다.

3.2. 갑상샘 팬텀 영상을 이용한 CNR의 측정결과

갑상샘 팬텀 영상을 이용한 CNR의 측정결과는 바늘구멍형 조준기에서 최소 1.32에서 최대 4.80, 평행다공형 조준기에서 최소 1.89에서 최대 5.36으로 나타났다. 이를 정리하면 Table 7과 같고 그래프로 나타내면 Fig. 9와 같다.

Table 7. A Comparison of CNR on Each Setup

Zoom Factor	Pinhole 128×128	Pinhole 256×256	Parallel 128×128	Parallel 256×256
1.00	4.80	3.24	5.36	4.18
1.23	4.07	2.88	4.69	3.63
1.45	3.96	2.62	4.30	3.32
1.78	3.89	2.19	4.19	2.93
2.00	3.33	2.03	3.39	2.27
2.29	3.00	1.57	2.97	2.19
2.67	2.92	1.47	2.77	1.90
3.20	2.23	1.32	2.60	1.89

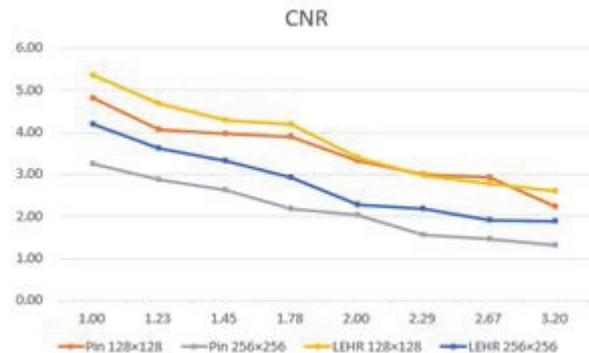


Fig. 9. A Comparison of CNR on Each Setup. (Graph)

CNR 측정 결과 확대율의 변화와 Matrix Size에 따른 결과는 SNR과 비슷한 양상을 나타냈다. 확대율의 변화에 따른 CNR은 확대율이 높아질수록 점차 낮아지는 경향을 보였고 Matrix Size의 변화에 따른 CNR은 128×128을 적용하였을 때 256×256인 경우 보다 높게 나타났다. 또한 조준기의 변화에 따른 CNR은 LEHR 평행다공형 조준기를 장착하였을 경우가 바늘구멍형 조준기를 장착한 경우보다 전반적으로 높은 결과를 나타냈지만 두 조준기에서 거의 비슷한 결과를 나타냈다.

IV. DISCUSSION

본 연구에서는 조준기의 종류, Zoom Factor 및 Matrix Size의 조건을 변경하여 점 선원을 이용한 해상력과 민감도의 변화, 갑상샘 팬텀을 이용한 육안상 영상의 확대율과 SNR, CNR의 변화를 비교, 분석하여 갑상샘 신티그래피 검사 시 평행다공형 조준기 적용의 유용성에 대해 알아보하고자 하였다.

육안상의 크기를 비교한 실험에서는 바늘구멍형 조준기를 장착하고 Zoom Factor가 1.00일 때를 기준으로 영상의 육안상 크기를 비교 하였다. 바늘구멍형 조준기, 확대율 1.23을 적용하였을 때와 LEHR 평행다공형 조준기, 확대율 2.67을 적용하였을 때 육안상의 크기가 가장 비슷하게 나타나는 확인 할 수 있었다. 각 영상의 크기를 단순 계산 하였을 때 LEHR 평행다공형 조준기를 사용하는 경우 바늘구멍형 조준기 장착 시보다 약 2.00~2.09배 정도의 확대율을 더 적용해야 조준기의 차이에 따른 확대율을 보정할 수 있다는 것을 알 수 있었고 동일 조건의 육안상 영상 크기를 비교하였을 때 바늘구멍형 조준기의 영상의 크기가 LEHR 평행다공형 조준기의 약 4.01~4.37배의 크기로 나타나는 것을 알 수 있었다. 또한 조준기의 종류와 확대율을 동일하게 적용하였을 때에 Matrix Size는 육안상 크기에 영향을 주지 않는 것을 확인할 수 있었다.

점 선원을 이용한 FWHM (mm) 측정에서는 조준기의 종류, 확대율, Matrix Size의 조건에 따른 일정한 경향성을 나타내지 않는 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로 바늘구멍형 조준기가 평행다공형 조준기 보다 더 높은 분해능을 가지고 있다고 알려져 있는데 본 실험에 이용한 평행다공형 조준기는 격벽의 길이를 길게 하여 분해능을 향상시킨 LEHR 조준기를 사용해^[19,20] 그 격차가 크지 않았던 것으로 사료된다.

민감도는 확대율, Matrix Size의 조건에 따른 경향은 나타나지 않았지만 LEHR 평행다공형 조준기에서 바늘구멍형 조준기보다 약 1.53~2.07배 정도 높은 민감도를 나타내 조준기의 종류에 따른 민감도의 차이는 명확하게 나타남을 확인 할 수 있었다.

갑상샘 팬텀을 이용해 측정한 SNR과 CNR은 확

대율이 작고 Matrix Size가 128×128이며 LEHR 평행다공형 조준기를 사용하였을 때 높게 나타났다. 이러한 결과는 확대율과 Matrix Size의 측면에서 보았을 때에는 1개의 Matrix 안에 들어가는 신호가 확대율이 작을수록, Matrix Size가 128×128일 때 더 많기 때문에 나타나는 현상으로 보인다. 또한 조준기의 종류에 따른 측면으로 보면 LEHR 평행다공형 조준기의 Sensitivity가 바늘구멍형 조준기 보다 더 높은 Sensitivity를 보이므로 나타나는 현상으로 생각된다.

본 실험의 결과에서 조준기를 제외한 모든 조건이 같을 때 LEHR 평행다공형 조준기인 경우에 SNR과 CNR이 높게 나타나는 경향을 볼 수 있었다. 그러나 육안상의 크기가 비슷한 영상끼리 비교해 보게 되면 Matrix Size 128×128, Zoom Factor 1.23, 바늘구멍형 조준기 장착 시 SNR/CNR은 9.65/4.07이고 Matrix Size 128×128, Zoom Factor 2.67, LEHR 평행다공형 조준기 장착 시 SNR/CNR이 8.80/2.77으로 나타났다. 또한 Matrix Size 256×256, Zoom Factor 1.23, 바늘구멍형 조준기 장착 시 SNR/CNR은 7.04/2.88이고 Matrix Size 256×256, Zoom Factor 2.67, LEHR 평행다공형 조준기 장착 시 SNR/CNR이 6.61/1.90으로 나타나 바늘구멍형 조준기에서 높은 SNR, CNR이 도출되는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 바늘구멍형 조준기를 사용해 영상 획득 시 LEHR 평행다공형 조준기를 사용할 때 보다 고 분해능의 확대된 영상을 획득할 수 있음^[16,21,22]을 확인하였고 이는 갑상샘 신티그래피 검사의 표준방법은 바늘구멍형 조준기를 사용해야 함을 다시 한 번 증명해주는 결과이기도 하다. 하지만 LEHR 평행다공형 조준기에 Matrix Size를 128×128로 적용 시 바늘구멍형 조준기에 Matrix Size 256×256을 적용했을 때 보다 SNR, CNR이 높은 결과를 나타내어 LEHR 평행다공형 조준기 적용이 불가하지 않음을 확인 할 수 있었다.

본 실험에서는 방사성 추적자로 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ (140 keV)을 투여한 뒤 바늘구멍형 조준기와 LEHR 조준기를 비교하여 실험을 시행하였다. 이는 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 와 ^{123}I (159 keV) 투여 시 적용 가능한 저 에너지 범용 (Low Energy All Purpose, LEAP 또는 Low Energy

General Purpose, LEGP)조준기와 ^{131}I (364 keV) 투여 시 사용하는 고에너지(High Energy, HE) 조준기를 적용하지 못해 조준기의 형태, 광자의 에너지가 다른 추적자의 투여와 같은 다양한 변수를 반영하지 못한 한계점이 있다. 또한 조준기의 형태상 차이와 인체의 해부학적 구조로 인해 조준기와 팬텀간의 거리설정이 다르게 설정 되었으나 그 차이에 대한 보정이 되지 않았고 갑상샘 팬텀을 대상으로만 실험을 시행하여 실제 임상에서 발생하는 여러 종류의 변수를 반영하지 못한 제한점이 있다. 따라서 이러한 한계점들을 반영하여 추가실험을 시행 한다면 다른 양상의 결과가 나타날 수 있어 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이러한 제한점에도 불구하고 갑상샘 신티그래피에서의 평행다공형 조준기의 적용은 갑상샘종(Goiter), 이소성 갑상샘 등의 질환의 영상을 획득하는 과정에서 감별이 불가능한 영상을 획득하는 오류발생을 방지할 수 있고 조준기 교체에 따른 인력과 시간의 낭비를 줄이며 조준기 구매에 따르는 비용을 절감할 수 있는 장점도 있다. 따라서 본 연구 결과를 토대로 적절한 조건을 설정한다면 바늘구멍형 조준기를 구비하지 못한 병원에서는 현실적인 대안이 될 수 있고 기존에 바늘구멍형 조준기를 보유한 병원에서는 환자의 질환에 따라 병행하여 적용한다면 장비 활용 측면과 업무 효율적인 측면에서 고려해볼만한 대안으로 사료된다.

V. CONCLUSION

본 연구에서는 갑상샘 신티그래피 검사를 시행할 때 평행다공형 조준기를 적용해보고 영상획득 조건에 따른 정량적 평가를 시행하였다. 육안상 크기를 비교하였을 때 LEHR 평행다공형 조준기 적용 시 약 2.00~2.09배 정도의 확대율을 적용해야 육안상 비슷한 크기의 영상을 획득할 수 있는 것을 확인할 수 있었다. 점 선원을 이용한 FWHM (mm) 측정에서는 조건의 차이에 따른 경향성이 보이지 않았지만 민감도는 LEHR 평행다공형 조준기에서 1.53~2.07배 높은 것을 확인할 수 있었다. SNR, CNR은 확대율이 작고 Matrix Size가 128×128이며 LEHR 평행다공형 조준기를 사용하였을 때 높게

나타났지만 육안상 크기가 비슷한 영상끼리의 비교에서는 Matrix Size가 같은 경우 바늘구멍형 조준기에서 SNR, CNR이 모두 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이는 갑상샘 신티그래피 검사 시 바늘구멍형 조준기 사용의 필요성을 입증하는 결과이기도 하지만 본 연구의 결과를 토대로 각 병원의 상황에 맞추어 적절한 조건을 설정한다면 평행다공형 조준기를 사용한 검사방법도 장비 활용 측면 뿐만 아니라 검사실 업무 효율, 비용적인 측면에서 좋은 선택지가 될 수 있을 것으로 사료된다.

Acknowledgment

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2022S1A5C2A07090938)

Reference

- [1] C. G. Thomas, Jr, J. A. Buckwalter, E. V. Staab, C. Y. Kerr, "Evaluation of Dominant Thyroid Masses", *Annals of Surgery*, Vol. 183, No. 5, pp. 463-469, 1976.
<https://doi.org/10.1097/00000658-197605000-00002>.
- [2] P. G. Walfish, E. Hazani, H. T. Strawbridge, M. Miskin, I. B. Rosen, "Combined Ultrasound and Needle Aspiration Cytology in the Assessment and Management of Hypofunctioning Thyroid Nodule", *Annals of Internal Medicine*, Vol. 87, No. 3, pp. 270-274, 1977.
https://doi.org/10.7326/0003-4819-87-3-270_1
- [3] M. Blum, M. Rothschild, "Improved nonoperative diagnosis of the solitary 'cold' thyroid nodule. Surgical selection based on risk factors and three months of suppression", *The Journal of the American Medical Association*, Vol. 243, No. 3, pp. 242-245, 1980.
<https://doi.org/10.1001/jama.1980.03300290024014>
- [4] H. A. U. Rehman, C. Y. Lin, Z. Mushtaq, S. F. Su, "Performance Analysis of Machine Learning Algorithms for Thyroid Disease", *Arabian Journal for Science and Engineering*, Vol. 46, No. 4, pp. 9437-9449, 2021.
<https://doi.org/10.1007/s13369-020-05206-x>
- [5] J. S. Kim, G. W. Kim, "Study of Simultaneous Counting of Thyroid Uptake with Quantitative

- Analysis of Thyroid Scans", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 46, No. 5, pp. 401-408, 2023.
<http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2023.46.5.401>
- [6] J. Clerc, "Thyroid Nodule", *La Revue Du Praticien*, Vol. 55, No. 2, pp. 137-148, 2005.
- [7] M. J. Welker, D. Orlov, "Thyroid Nodules", *American Academy of Family Physicians*, Vol. 67, No. 3, pp. 559-566, 2003.
- [8] J. Meller, W. Becker, "The Continuing Importance of Thyroid Scintigraphy in the Era of High-resolution Ultrasound", *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, Vol. 29, pp. S425-S438, 2002.
- [9] ACR-SNM-SPR PRACTICE GUIDELINE FOR THE PERFORMANCE OF THYROID SCINTIGRAPHY AND UPTAKE MEASUREMENTS, From URL;
http://s3.amazonaws.com/rdcms-snm/production/public/docs/Thyroid_Scintigraphy_1382732120053_10.pdf
- [10] J. Varghese, E. Rohren, X. Guofan, "Radioiodine Imaging and Treatment in Thyroid Disorders", *Neuroimaging Clinics of North America*, Vol. 31, No. 3, pp. 337-344, 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.nic.2021.04.003>
- [11] E. S. Crawford, D. T. Guarasci, S. A. Larson, "A Survey of Thyroid Gland Scintigraphy", *Journal of Nuclear Medicine Technology*. Vol. 37, No. 3, pp. 173-178, 2009. <https://10.2967/jnmt.108.060509>
- [12] M. A. Ghanem, A. H. Elgazza, M. M. Elsaid, F. Shehab, "Comparison of Pinhole and High Resolution Parallel Hole Imaging for Nodular Thyroid Disease", *Clinical Nuclear Medicine*, Vol. 36, No. 9, pp. 770-771, 2011.
<https://10.1097/RLU.0b013e318219ac29>
- [13] H. Fujii, R. Iwasaki, K. Ogawa, J. Hashimoto, K. Nakamura, E. Kunieda, T. Sanmiya, A. Kubo, K. Inagaki, "Evaluation of Parathyroid Imaging Methods with ^{99m}Tc-MIBI the Comparison of Planar Images Obtained Using a Pinhole Collimator and a Parallel Hole Collimator", *The Japanese Journal of Nuclear Medicine*, Vol. 36, No. 5, pp. 425-433, 1999.
- [14] S. Koukouraki, M. Stathaki, K. Stylianou, E. Daphnis, N. Karkavitsas. "Parallel Hole Versus Pinhole Collimator for Technetium-99m Sestamibi Scintigraphy, in the Diagnosis of Parathyromatosis", *Hellenic Journal of Nuclear Medicine*, Vol. 10, No. 1, pp. 33, 2007.
- [15] A. L. Arveschoug, H. Bertelsen, B. Vammen, "Presurgical Localization of Abnormal Parathyroid Glands Using a Single Injection of Tc-99m Sestamibi: Comparison of High Resolution Parallel Hole and Pinhole Collimators, and Interobserver and Intraobserver Variation", *Clinical Nuclear Medicine*, Vol. 27, No. 4, pp. 249-254, 2002.
<https://10.1097/00003072-200204000-00003>
- [16] M. B. Tomas, P. V. Pugliese, G. G. Tronco, C. Love, C. J. Palestro, K. J. Nicholsomas, "Pinhole Versus Parallel Hole Collimators for Parathyroid Imaging: an Intraindividual Comparison", *Journal of Nuclear Medicine Technology*, Vol. 36, No. 4, pp. 189-194, 2008.
<https://doi.org/10.2967/jnmt.108.055640>
- [17] K. H. Park, K. H. Kim, "Comparison of the Measured Radiation Dose Rate by the Ionization Chamber and GM(Geiger-Müller) Counter After Radioactive Iodine Therapy in Differentiated Thyroid Cancer Patients", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 39, No. 4, pp. 565-570, 2016.
<https://doi.org/10.17946/JRST.2016.39.4.11>
- [18] H. Guan, R. Gordon, Y. Zhu, "Combining Various Projection Access Schemes with the Algebraic Reconstruction Technique for Low-Contrast Detection in Computed Tomography", *Physics in Medicine and Biology*, Vol. 43, No. 8, pp. 2413-2421, 1998.
<https://10.1088/0031-9155/43/8/032>
- [19] Y.G. Kang, Y.H. Kang, S.M. Gwon, et al, *Textbook of Nuclear Medicine*, 1st ed., Chung-Ku Publisher, pp. 156-165, 2013.
- [20] J. K. Chung, M. C. Lee, *Koh's nuclear medicine*, 3rd ed., Korea Medical Book Publishing Company, pp. 69-72, 2008.
- [21] A. K. Arveschoug, H. Bertelsen, B. Vammen, B. J. Brøchner-Mortensen, "Preoperative Dual Phase Parathyroid Imaging with Tc-99m Sestamibi: Accuracy and Reproducibility of the Pinhole Collimator with and without Oblique Images", *Clinical Nuclear Medicine*, Vol. 32, No. 1, pp. 9-12, 2007. <https://10.1097/01.rlu.0000249401.48030.9c>
- [22] A. Seret, "A Comparison of Contrast and Sensitivity in Tc-99m Thyroid Scintigraphy between Nine Nuclear Medicine Centres of a Geographic Area", *Revista de Medicina Nuclear Alasbimn Journal*, Vol. 8, No. 32, pp. 32-33, 2006.

갑상샘 신티그래피 검사 시 평행다공형 조준기 적용의 유효성 평가

박수영^{1,2}, 김지연³, 안성민^{4,*}

¹가톨릭대학교 은평성모병원 핵의학과

²가천대학교 일반대학원 보건과학과

³가천대학교 운동재활학과

⁴가천대학교 방사선학과

요 약

본 연구에서는 갑상샘 신티그래피 영상 획득 시 평행다공형 조준기를 적용해보고 각 영상획득 조건에서 바늘구멍형 조준기와 차이를 정량적으로 분석해보고자 하였다. 이를 위해 갑상샘 팬텀과 점 선원을 이용하여 육안상 크기와 해상력, 민감도, 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio, SNR), 대조도 대 잡음비(Contrast to Noise Ratio, CNR)를 평가 하였다. 육안상 크기를 비교하였을 때 평행다공형 조준기 적용 시 약 2.00~2.09배 정도의 확대율을 적용해야 바늘구멍형 조준기를 적용 했을 때와 비슷한 크기의 영상을 획득할 수 있는 것을 확인할 수 있었다. 점 선원을 이용한 FWHM(mm)측정에서는 경향성이 보이지 않았고 민감도는 평행다공형 조준기에서 높은 값이 나타났다. SNR, CNR은 낮은 확대율, Matrix Size 128×128, 평행다공형 조준기를 사용하였을 때 높게 나타났다. 육안상 크기가 비슷한 영상에서는 Matrix Size가 같을 때 바늘구멍형 조준기에서 SNR, CNR이 모두 높게 나타났다. 따라서 갑상샘 신티그래피 검사시행 시 각 병원의 상황에 따라 적절한 조건을 설정하여 평행다공형 조준기를 적용한다면 장비 활용 측면과 업무 효율적인 측면에서 좋은 선택지가 될 수 있을 것으로 사료된다.

중심단어: 갑상샘 신티그래피, 평행다공형 조준기, 바늘구멍형 조준기, 해상력, 민감도

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	박수영	가톨릭대학교 은평성모병원 핵의학과 가천대학교 일반대학원 보건과학과	방사선사 대학원생
(공동저자)	김지연	가천대학교 운동재활학과	조교수
(교신저자)	안성민	가천대학교 방사선학과	교수