

Original Article

자체 제작된 팬텀을 적용한 Breast Specific Gamma Imaging 검사 프로토콜에 대한 고찰

건국대학교병원 핵의학과¹, 연세대학교 보건대학원², 신구대학교 방사선과³
이해정¹ · 이주영² · 임근교¹ · 박훈희³

The study of Breast Specific Gamma Imaging Protocol using Self-development Phantom

Hae-Jung Lee¹, Juyoung Lee², Kuen-Kyo Lim¹ and Hoon-Hee Park³

¹Department of Nuclear Medicine, Konkuk University Medical Center, Seoul, Korea

²Graduate school of Public Health, Yonsei University, Seoul, Korea

³Department of Radiological Technology, Shingu College, Seongnam, Korea

Purpose

As breast cancer patients continue to increase every year, cases of BSGI are on the rise with a heavier reliance on it. However, BSGI protocol in hospitals was not studied enough despite it was covered by hospital's condition and recommendation of manufacturers. The objective of the study was an examination of methods to be applicable to BSGI protocols, putting the self-development phantom to use in quality assessment of the images.

Materials and Methods

Dilon 6800 (Dilon Technologies Inc, Newport News, USA) was used in the study and five different sizes of sphere were distinctively produced in the phantom. The study used ^{99m}TcO₄. The cases were classified in to three categories that background radioactivity to region of interest as ratio of 2: 4: 8, They were acquired images for 5, 7, 10mins. The acquired image was set region of interest according to the size of sphere, and We analyzed quantitative and qualitative analysis. The acquired data statistically analyzed with SPSS ver.18.0.

Results

As the result of quantitative and qualitative analysis, count rate of each sphere in accordance with difference of injection dose showed that higher count rate as injection dose and sphere size increased (P<0.005). Count rate of each sphere in accordance with difference of acquisition time showed that higher count rate as acquisition time and sphere size increased (P<0.005). Contrast noise ratio of each sphere in accordance with difference of injection dose showed that higher contrast noise ratio as injection dose increased. Particularly, Contrast noise ratio of eight times ratio images was the highest among. Contrast noise ratio of each sphere in accordance with difference of acquisition time showed that higher contrast noise ratio as acquisition time increased. And, Contrast noise ratio of seven minute image was the highest among (P<0.005).

Conclusion

There was significant change of Contrast noise ratio through quantitative and qualitative analysis. Moreover, We found usefulness of phantom. If Institutions identified image through the phantom study and they made BSGI protocol, We expected to help the improvement of diagnostic value of the images.

Key Words

Breast Specific Gamma Imaging (BSGI), Contrast noise ratio (CNR), BSGI Phantom

서론

• Received: September 23, 2014. Accepted: October 22, 2014.

• Corresponding author: **Hoon-Hee Park**

Department of Radiological Technology, Shingu college

377 Gwangmyeong-ro, Seongnam, 462-743, Korea

Tel: +82-31-740-1638, Fax: +82-31-740-1589

E-mail: hzpark@shingu.ac.kr

유방암(Breast cancer)은 여성암 중 가장 흔한 암 중 하나이고 지난 수년간 계속 증가해왔다.¹⁾ 국내 유방암 발생 환자 수는 1996년에는 3,801명에서 2010년 16,398명으로 15년 새 약 4.3배 증가하였다.²⁾ 서구적인 식습관과 생활환경의 변화 등으

로 국내 유방암 환자 수는 점점 증가하는 추세이다. 유방암 진단 방법은 자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging: MRI), 초음파(Sonography), 생체검사(Biopsy), 유방 X-선 촬영(Mammography) 등 다양하지만 유방감마영상(Breast Specific Gamma Imaging: BSGI)은 유방 조직의 정상 세포와 암세포의 방사선 집적 차이를 기준으로 유방암을 진단하여 비침습적으로 1 cm이하의 암을 발견하는 검사로 BSGI 검사는 매년 증가하고 있다.³⁾ 유방 X-선 촬영은 모든 경우에 적용하기 어렵고, 특히 치밀 유방에서 모호한 결과를 이끌어낼 수 있기 때문에 BSGI 검사의 의존도가 점점 높아지고 있다.^{4,5)} 하지만 증가하는 검사 건수에 대비하여 국내 기관에서는 일일 정도관리(Daily QC) 이외 영상의 질을 평가할 수 있는 방법이 없고 관련 연구가 이루어지지 않아 검사 시 업체 권고사항을 따르고 있는 실정이다. SNM (Society of Nuclear Medicine) Practice Guideline에서 BSGI 검사 시 925 MBq의 동위원소 주입량과 10분의 영상 획득 시간을 권고하였고,⁶⁾ 국내업체 권고사항은 1110 MBq의 동위원소 주입량과 5분의 영상획득시간을 권고하고 있다. 본원은 초기 장비 설치 시 1110 MBq의 동위원소 주입량과 5분의 영상획득시간으로 업체 권고사항대로 검사하였지만 환자 피폭은 줄이고 영상의 질을 높이기 위해 현재 프로토콜은 동위원소 주입량은 370 MBq로 줄이고 영상획득시간을 두 배로 늘려 검사하고 있다. 국내의 권고사항과 본원의 프로토콜을 기준으로 하여 본 연구에서는 자체 제작한 팬텀을 통해 동위원소 주입량과 영상획득시간에 따른 계수율(Count rate)과 대조도 잡음비(Contrast noise ratio: CNR)를 평가하고자 하였다. 이를 바탕으로 자체 제작한 팬텀의 유용성을 평가하고 검사 프로토콜을 고찰하였다.

대상 및 방법

1. 검사 장비 및 팬텀

장비는 Dilon 6800 BSGI (Dilon Technologies Inc, Newport News, USA)를 사용하였으며 자체 제작한 팬텀을 이용하여 실험하였다(Fig. 1, 2). Dilon 6800 BSGI의 검출기 크기는 $109 \times 251 \times 229$ mm이고 장시야(Field of View: FOV)는 152×203 mm이다. 크리스탈(crystal)은 3068개이고 48×64 의 형태로 배열되어 있고 각각의 크리스탈은 2.96 mm평방에 높이는 6 mm이다. 팬텀의 외부는 아크릴 재질의 직사각형 모형이고 내부에는 다섯 개의 구로 제작하였다. 팬텀의 크기는 $230 \times 190 \times 80$ mm이고 팬텀 내 구의 직경은 10, 13, 17, 22, 28 mm이다. 방사성 동위원소는 $^{99m}\text{TcO}_4$ 를 사용하였다.



Fig. 1. BSGI improved breast scintigraphy technique that uses a sensitive single-head small-field-of-view gamma camera.



Fig. 2. Self-development Phantom was used to evaluate the CNR and Count rate of BSGI.

2. 검사방법

팬텀 내 배후 방사능(Background ROI)은 500 mL 비커에 증류수를 채워 $^{99m}\text{TcO}_4$ 9.3 MBq를 희석하여 주입하였다. 배후 방사능과 관심 영역의 비율은 2 : 4 : 8로 설정하여 다섯 개의 구에 18.5 MBq, 37 MBq, 74 MBq를 나눠 순차적으로 주입하였다. 영상획득시간은 SNM 권고사항, 업체 권고사항, 본원 프로토콜을 참고하여 5, 7, 10분으로 설정하였다. 실험은 관심 영역에 18.5, 37, 74 MBq를 주입하여 각각 5, 7, 10분 영상을 획득하였다.

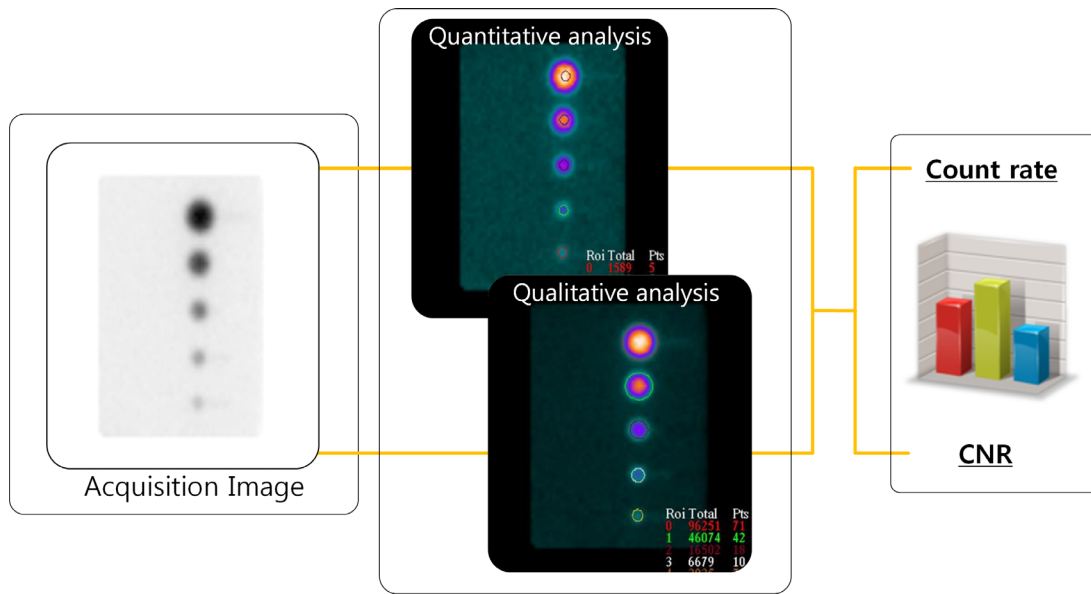


Fig. 3. The count rate and CNR was calculated through a Quantitative and Qualitative analysis.

3. 영상분석

획득한 영상은 관심영역을 설정하고 총 계수(Total count)를 구하였다. 배후방사는 관심영역도 동일하게 설정하여 측정하였다. 정량적 분석은 5개의 구에 동일한 화소 크기(Pixel size)로 열소(Hot spot)중심에 관심영역을 설정하고 정성적 분석은 가시적인 열소에 관심영역을 설정하여 분석하였다. 각각 5회씩 측정하여 평균 계수율과 대조도 잡음비를 산출하였다(Fig. 3).

$$CNR = C/COV$$

대조도잡음비(CNR)는 대조도(C)를 변동계수(COV)로 나눈 값이다.

$$C = (NI-Nbg)/Nbg$$

여기서 NI는 열소 관심영역의 최대 또는 평균계수이고 Nbg는 배후방사능 관심영역의 평균계수이다.

$$COV = \sigma_{bg}/Nbg$$

여기서 σ_{bg} 는 배후방사능 관심영역의 표준편차(SD)이다. 변동계수는 배후방사능 관심영역의 표준편차를 평균계수로 나눈 값이다.⁷⁾ 실험 결과는 SPSS (Statistical Package for

the Social Sciences) 18.0 version을 이용하여 통계 분석하였다.

결 과

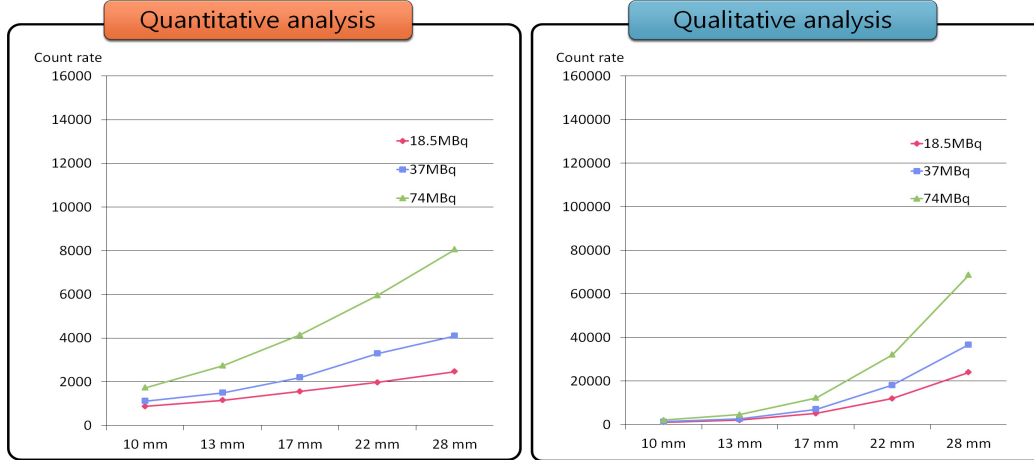
1. 계수율의 정량적, 정성적 분석

정량적, 정성적 분석 결과, 방사성 동위원소의 주입량에 따른 각 구의 계수율은 5, 7, 10분 영상에서 방사성 동위원소 주입량이 많을수록 계수율이 증가하였고, 구의 크기가 클수록 계수율이 증가하는 성향을 나타냈다. 또한 영상획득시간에 따른 각 구의 계수율은 18.5, 37, 74 MBq 영상에서 영상획득시간이 길수록 계수율이 증가하였고, 구의 크기가 클수록 계수율이 증가하는 성향을 나타냈다(Fig. 4, 5).

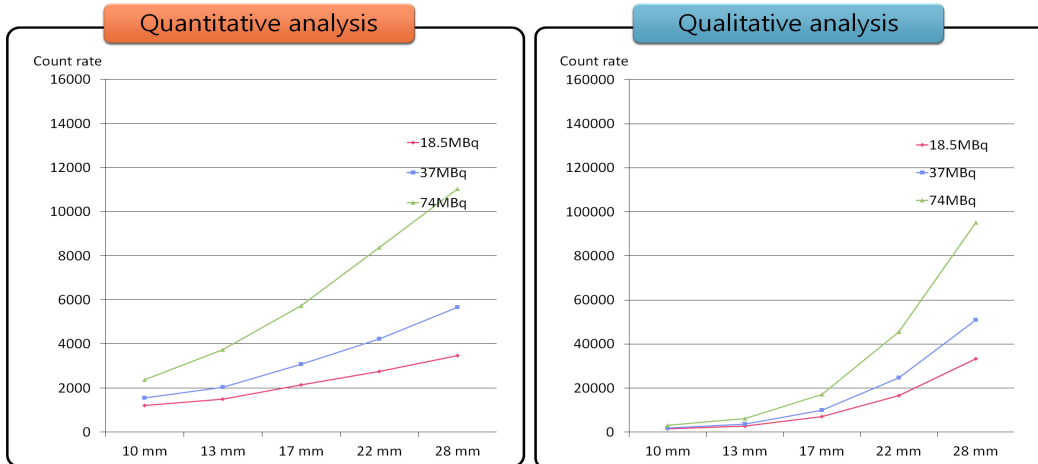
2. 대조도 잡음비의 정량적, 정성적 분석

이용한 동적 신장검사로 방사성동위원소 주입량에 따른 각 구의 대조도 잡음비는 5, 7, 10분 영상에서 방사성동위원소 주입량이 많을수록 대조도 잡음비가 증가하는 성향을 나타냈고, 74 MBq 획득영상에서 대조도 잡음비가 가장 높았다. 영상 획득시간에 따른 각 구의 대조도 잡음비는 18.5, 37, 74 MBq 영상에서 영상획득시간이 길수록 대조도 잡음비가 증가하는 성향을 나타냈고, 7분 영상에서 대조도 잡음비가 가장 높았다. 정량적, 정성적 분석 결과 모두 74 MBq, 7분 획득영상에서 대조도 잡음비가 가장 높았다(Fig. 6, 7).

A: Count rate of 5 min acquisition



B: Count rate of 7 min acquisition



C: Count rate of 10 min acquisition

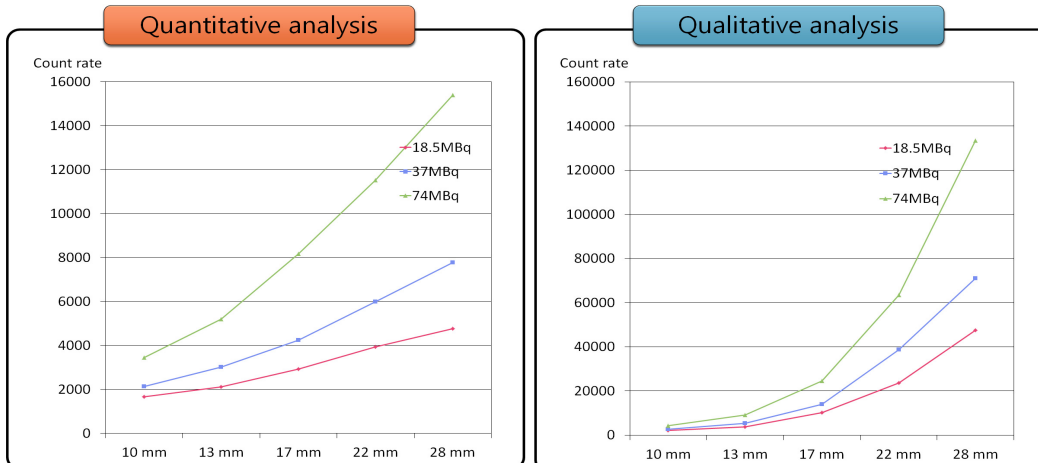
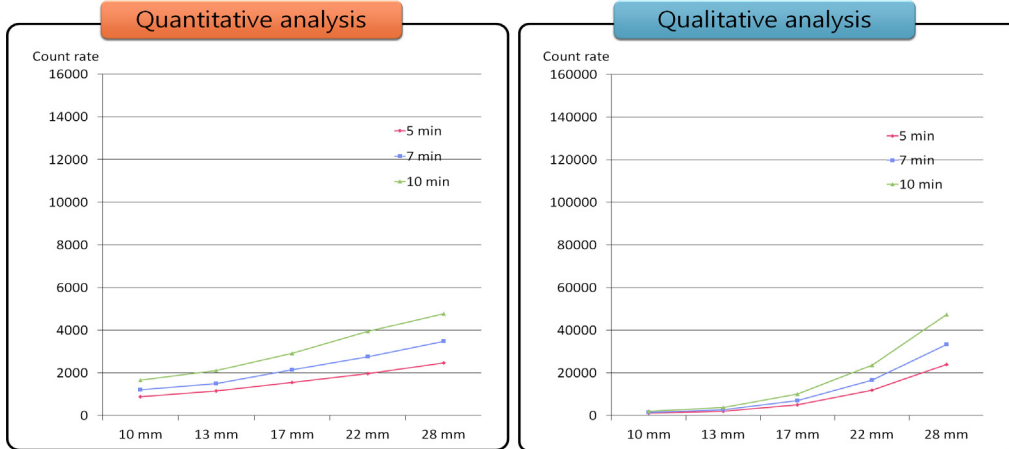
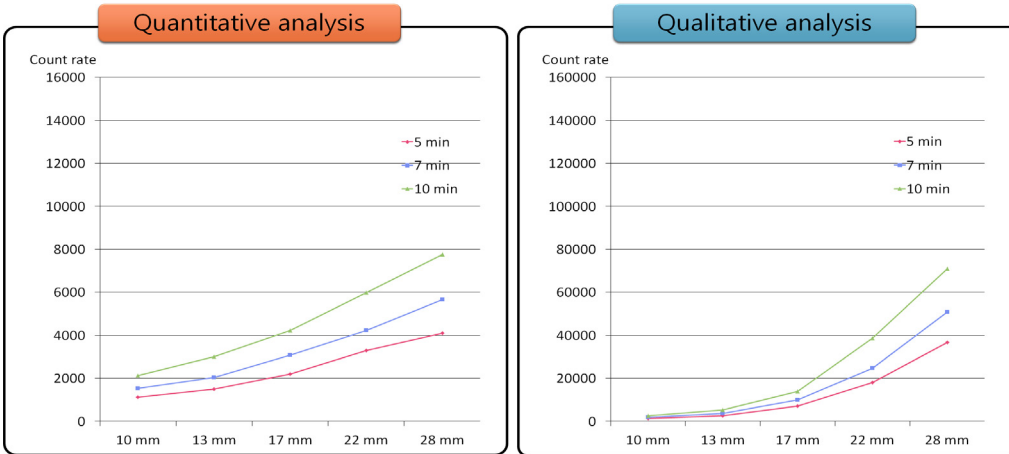


Fig. 4. The graphs show that count rate of acquisition time in accordance with difference of injection dose. Result of count rate showed that higher count rate as injection dose and sphere size increased.

A: Count rate of 18.5 MBq injection dose



B: Count rate of 37 MBq injection dose



C: Count rate of 74 MBq injection dose

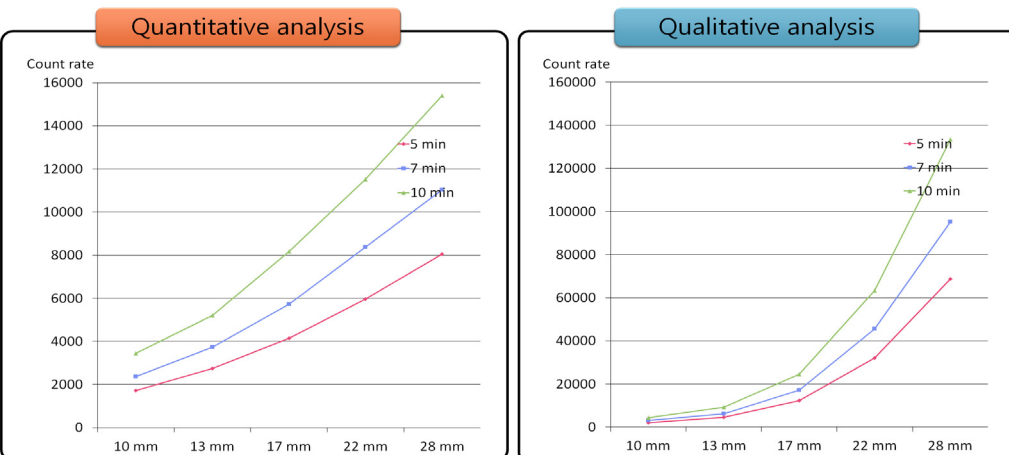
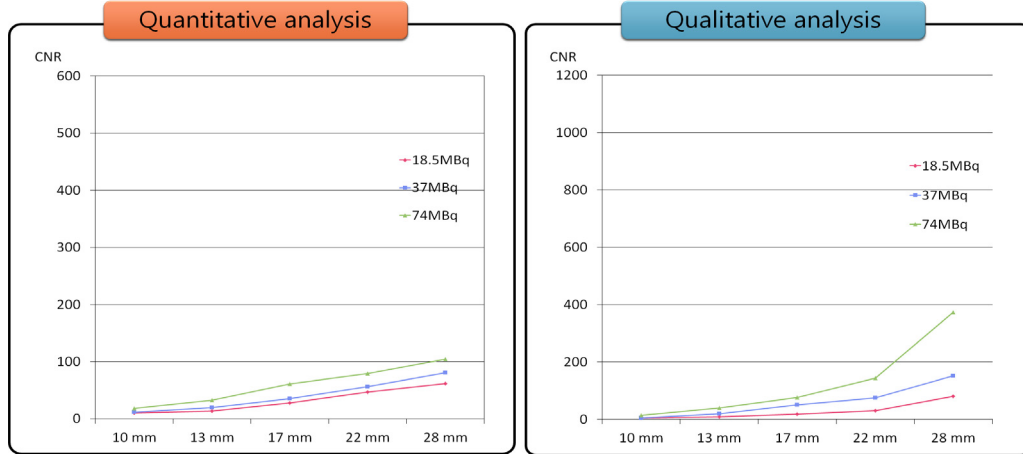
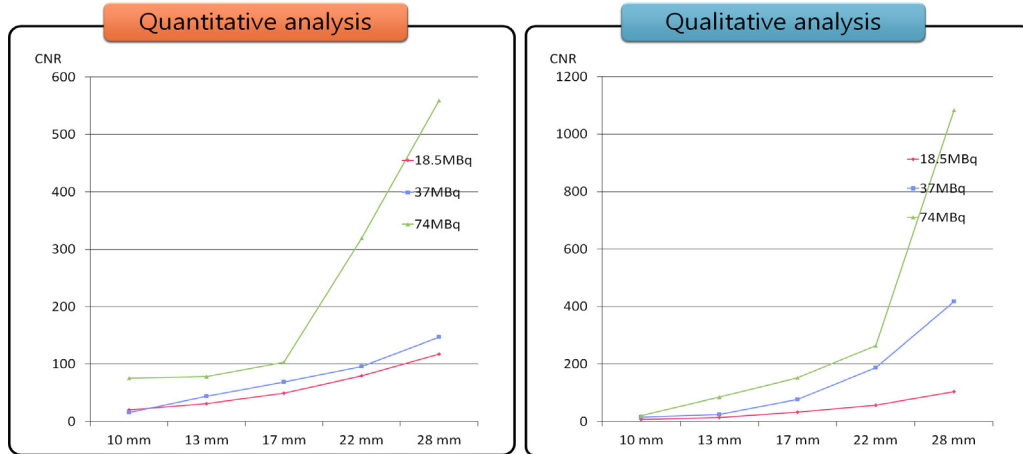


Fig. 5. The graphs show that count rate of radiation dose in accordance with difference of acquisition time, Result of count rate showed that higher count rate as acquisition time and sphere size increased.

A: CNR of 5 min acquisition



B: CNR of 7 min acquisition



C: CNR of 10 min acquisition

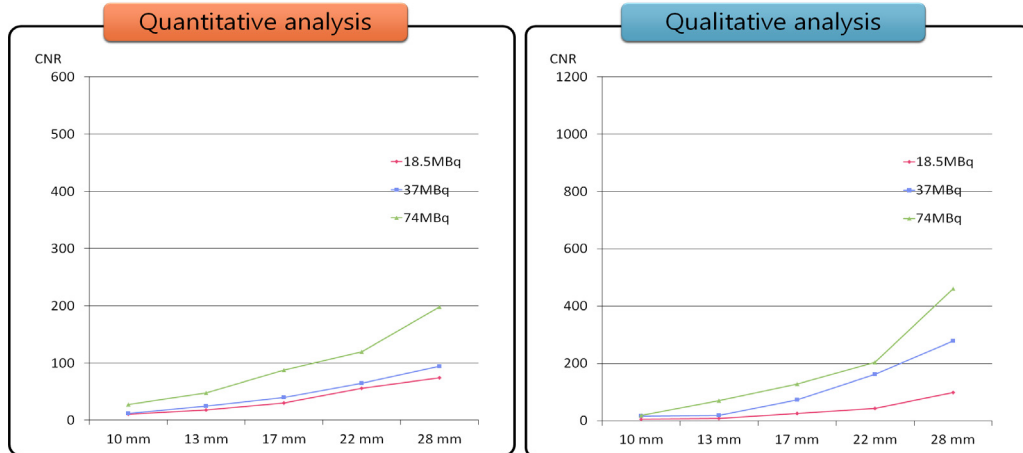
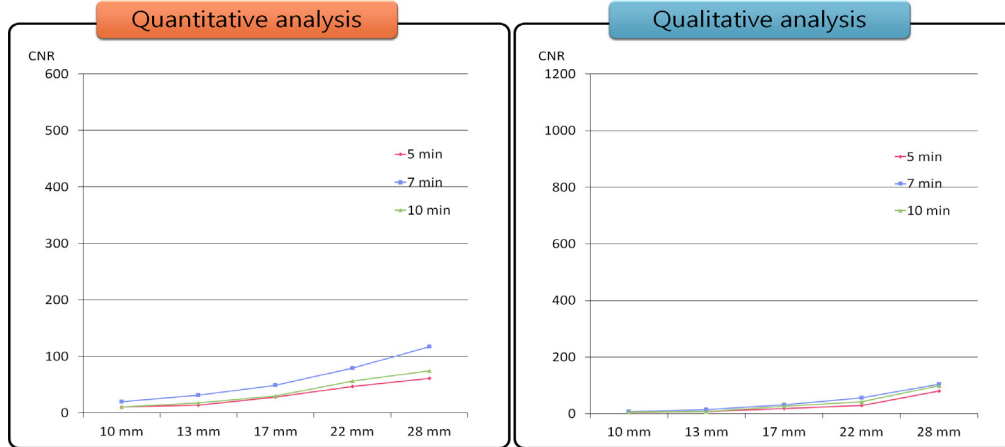
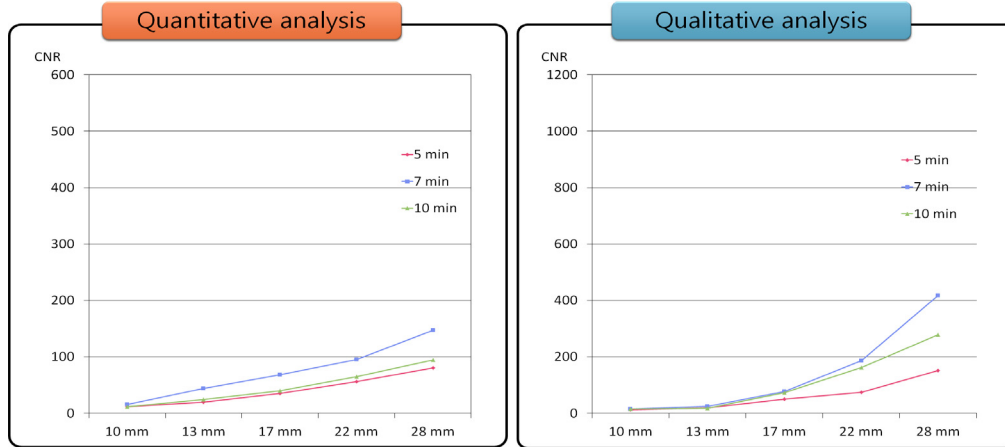


Fig. 6. The graphs show that CNR of acquisition time in accordance with difference of radiation dose. Result of CNR showed that higher CNR as injection dose increased.

A: CNR of 18.5 MBq injection dose



B: CNR of 37 MBq injection dose



C: CNR of 74 MBq injection dose

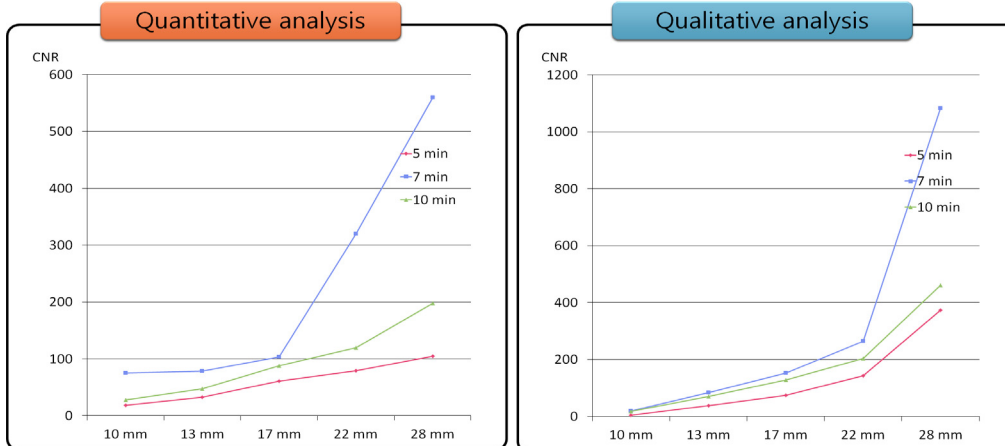


Fig. 7. The graphs show that CNR of radiation dose in accordance with difference of acquisition time. Result of CNR showed that higher CNR as acquisition time increased. And, CNR of 7min image was the highest among.

고 찰

BSGI 장비는 검사 전 일일 정도관리를 시행하고 있지만 업체의 정기적인 장비점검 이외 월간 정도관리와 분기별 정도관리가 이루어지지 않고 있다. 다른 핵의학 장비처럼 특화된 팬텀이 미비하여 정도관리가 명확하게 이루어지지 않고 있다. 따라서 BSGI 장비의 일일 정도관리 팬텀(Flood Phantom)을 참고하여 팬텀을 새롭게 자체 제작하였고, 실험을 통해 팬텀의 유용성을 확인하였다. BSGI는 공간분해능이 3.3 mm로 작은 병소를 찾아내는데 매우 유용한 장비이고 작은 유방암 세포를 찾아내기 위해 3.7~7.4 MBq 이하의 적은선량에 예민하게 제작되었다.⁸⁾ 본 연구에서 Flood팬텀 내 작은 구의 크기를 1 cm로 설정하여 1 cm이하의 관심 영역을 식별해낼 수 있는지 확인하였고, 동위원소 주입량을 18.5 MBq부터 설정하여 적은 선량에도 다섯 개의 관심영역 모두 식별되는 것을 확인할 수 있었다. 영상 분석 과정에서 객관적인 결과를 산출하기 위해 정성적 분석과 정량적 분석을 모두 진행하였고, 두 분석결과 비슷한 결과 값이 도출되었다. 하지만 본원의 정해진 프로토콜이 있어 팬텀 실험과 함께 임상 실험은 함께 시행하지 못한 한계점이 있었다. 추후 팬텀 실험과 환자를 대상으로 한 실험을 함께 진행한다면 신뢰성 높은 결과가 산출되리라 생각된다. 또한 방사성동위원소 주입량과 영상획득시간의 간격을 세분화하여 추후 연구를 진행한다면 더 정확하고 폭넓은 결과 값이 산출되리라 생각된다.

결 론

본 연구를 통해 자체 제작한 팬텀의 유용성을 확인할 수 있었고, 통계적으로 유의하였다. 영상획득시간이 길수록, 방사성동위원소 주입량이 많을수록 계수율은 비례하여 증가하였지만 대조도 잡음비는 계수율의 증가와 차이를 나타냈다. 방사성동위원소 주입량 74 MBq, 영상획득시간 7분 영상에서 대조도 잡음비가 가장 높은 것을 확인하였다. 조건의 변화에 따라 대조도 잡음비가 비례하여 증가하지 않는 것으로 보아 각 기관에서 BSGI 팬텀 실험을 통해 영상을 확인하고 프로토콜에 활용한다면 임상적으로 도움이 될 것으로 여겨지며, 나아가 초기 설치 시 BSGI 팬텀 실험을 진행하고 주기적으로 결과 값을 비교한다면 환자 피폭은 줄이고 영상의 질을 높일 수 있을 것이라 사료된다.

요 약

유방암 환자가 매년 증가함에 따라 BSGI 검사에 대한 의존도가 높아지고 검사 건수가 증가하고 있는 추세이다. 하지만 국내에서 BSGI 검사는 각 기관의 상황 및 업체권고에 따라 검사 프로토콜을 적용하고 있으며 관련 연구가 미비한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 영상의 질을 평가할 수 있는 팬텀을 자체적으로 제작하여 검사 프로토콜에 대해 고찰하고자 하였다. Dilon 6800 BSGI 장비를 이용하여 팬텀 내 구의 크기는 5단계로 구분하여 제작하여 실험하였다. 방사성동위원소는 $^{99m}\text{TcO}_4$ 를 사용하여 배후방사능과 관심영역의 비율을 2:4:8로 구분하였으며 5, 7, 10분 영상을 획득하였다. 획득된 영상은 각 구의 크기에 따라 관심영역을 설정하고 정량적, 정성적 분석을 시행하였다. 획득된 데이터는 SPSS ver.18.0을 통해 통계 분석하였다. 정량적, 정성적 분석 결과, 방사성동위원소의 주입량에 따른 각 구의 계수율은 주입량이 많을수록 계수율이 증가하였고, 구의 크기가 클수록 계수율이 증가하는 성향을 나타냈다($p<0.005$). 영상획득시간에 따른 각 구의 계수율은 획득시간이 길수록 계수율이 증가하였고, 구의 크기가 클수록 증가하는 성향을 나타냈다($p<0.005$). 방사성동위원소의 주입량에 따른 각 구의 대조도 잡음비는 주입량이 많을수록 증가하는 성향을 나타냈고, 8배 비율의 획득영상에서 대조도 잡음비가 가장 높았다. 또한 영상획득시간에 따른 각 구의 대조도 잡음비는 획득시간이 길수록 증가하는 성향을 나타냈고, 7분 획득영상에서 대조도 잡음비가 가장 높았다($p<0.005$). 자체적으로 제작한 팬텀을 통한 정량적, 정성적 평가에서 통계적으로 유의한 차이가 있었으며, 팬텀의 유용성을 확인할 수 있었다. 또한 본 연구를 통해 장비 특성과 환경을 고려하여 BSGI 검사 프로토콜을 확인하고 활용한다면 보다 임상적 가치가 높을 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Barrett SV. Breast cancer. *J R Coll Physicians Edinb.* 2010;40:335-339.
2. 한국유방암학회. 2013유방암백서. 1st ed. 윤정환; 2013. p. 4.
3. Brem RF, Floerke AC, Rapelyea JA, Teal C, Kelly T, Mathur V. Breast-specific gamma imaging as an adjunct imaging modality for the diagnosis of breast cancer. *Radiology* 2008; 247:651-657.
4. Brem RF, schoonJans JM, Keiper DA, Majewski S, Goodman S, et al. High-Resolution Scintimammography. A Pilot study. *J Nucl Med* 2002;43:909-915.

5. Blumke D, Gastsonis C, Chen M, DeAngelis G, DeBruhl N, Harms S, et al. Magnetic resonance imaging of the breast prior to Biopsy. *JAMA* 2004;292:2735-2742.
6. Goldsmith SJ, Parsons W, Guiberteau MJ, Stern LH, Lanzkowsky L, Weigert J, et al. SNM Practice Guideline for Breast Scintigraphy with Breast-Specific-Cameras 1.0. *J Nucl Med* 2010;38:219-224.
7. Dickerscheid D, Lavalaye J, Romijn L, Habraken J. Contrast-noise-ratio (CNR) analysis and optimisation of breast-specific gamma imaging (BSGI) acquisition protocols. *Eur J Nucl Med* 2013;3:1-9.
8. Cha ES, Kwak IS, Noh IS, Yeon JH, Kim K, Choi CK, et al. Performance Evaluation of Breast Specific Gamma Imaging. *Korean J Nucl Med* 2010;14:24-27.