

Original Article

전신 뼈 스캔의 오류 감소를 위한 프로세스 구축과 적용 효과

서울아산병원 핵의학과

김동석 · 박장원 · 최재민 · 심동오 · 김호성 · 이영희

Building the Process for Reducing Whole Body Bone Scan Errors and its Effect

Dong Seok Kim, Jang Won Park, Jae Min Choi, Dong Oh Shim, Ho Seong Kim and Yeong Hee Lee

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

Purpose Whole body bone scan is one of the most frequently performed in nuclear medicine. Basically, both the anterior and posterior views are acquired simultaneously. Occasionally, it is difficult to distinguish the lesion by only the anterior view and the posterior view. In this case, accurate location of the lesion through SPECT / CT or additional static scan images are important. Therefore, in this study, various improvement activities have been carried out in order to enhance the work capacity of technologists. In this study, we investigate the effect of technologist training and standardized work process processes on bone scan error reduction.

Materials and Methods Several systems have been introduced in sequence for the application of new processes. The first is the implementation of education and testing with physicians, the second is the classification of patients who are expected to undergo further scanning, introducing a pre-filtration system that allows technologists to check in advance, and finally, The communication system called NMQA is applied. From January, 2014 to December, 2016, we examined the whole body bone scan patients who visited the Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea

Results We investigated errors based on the Bone Scan NMQA sent from January 2014 to December 2016. The number of tests in which NMQA was transmitted over the entire bone scan during the survey period was calculated as a percentage. The annual output is 141 cases in 2014, 88 cases in 2015, and 86 cases in 2016. The rate of NMQA has decreased to 0.88% in 2014, 0.53% in 2015 and 0.45% in 2016.

Conclusion The incidence of NMQA has decreased since 2014 when the new process was applied. However, we believe that it will be necessary to accumulate data continuously in the future because of insufficient data until statistically confirming its usefulness. This study confirmed the necessity of standardized work and education to improve the quality of Bone Scan image, and it is thought that update is needed for continuous research and interest in the future.

Key Words Whole body Bone Scan, SPECT/CT, static scan

· Received: April 28, 2017 Accepted: May 10, 2017
· Corresponding author : **Dong-Seok Kim**
· Address for correspondence : Department of Nuclear Medicine,
Asan Medical Center, 388-1 Pungnap-2 dong, Sonpa-gu,
Seoul, 138-736, Korea
Tel: +82-2-3010-4583, Fax: +82-2-3010-4588
E-mail: nosurprise1@naver.com

서 론

전신 뼈 스캔(Bone Scan)은 핵의학에서 가장 많은 비중을 차지하는 검사 중 하나이다. Bone Scan의 주목적은 가능한 빨리 뼈 전이를 발견하고 악성 뼈 종양과 관련된 병적 골절(Pathologic fracture)이나 퇴행 변화(Degenerative change)와 같은 질환을 평가하기 위함이다.¹⁻³⁾ 뼈는 악성종양의 전이가 가장 많이 일어나는 장기 중 하나이며, Bone Scan에 의한 악성 종양의 뼈 전이 병소 검출 능력은 95% 이상으로 대단히 높아 추적 검사(Follow Up, F/U)로 널리 이용되고 있다.⁴⁾

Bone Scan 영상에서 이상소견은 방사성 동위원소의 집적 농도가 증가하거나 감소한 것으로 나타난다. Bone Scan의 단점은 열소(Hot Spot) 소견이 전이성 질환 진단에 비특이적이라는 것이다. 많은 양성골 질환에서 Hot Spot으로 보이며 Bone Scan 영상만으로는 그것이 뼈 전이인지 양성질환인지 정확한 구별이 어려운 경우가 많다.⁵⁾ 특히 척추에서 비정상적인 섭취가 발생할 경우 정확한 확인이 어려운 경우가 많으며, 이러한 경우 SPECT/CT가 병변의 정확한 위치확인과 양성골 악성 종양 감별에 많은 도움이 된다.⁶⁾ 그리고 척추에서 발생한 일부 비정상적인 섭취는 오직 단층영상으로만 확인 가능하기도 하여, 영상에 따라 최적의 검사방법을 적용하는 것이 중요하다.⁷⁻¹⁰⁾

SPECT/CT는 하나의 갠트리(Gantry)에 이중 헤드(Dual-head) 감마카메라와 CT 스캐너가 결합되어 있다. 이러한 시스템 구조 덕분에 Bone Scan 종료 후 영상 확인이 끝나면 같은 장비에서 즉시 SPECT/CT 스캔을 진행할 수 있다. 이 때 영상 확인 단계에서 방사선사의 역할이 매우 중요한데 추가적인 촬영이 필요함에도 방사선사가 영상의 특이점을 발견하지 못하는 경우, 검사가 그대로 종료된다. 따라서 추가 촬영 여부 판단에 있어 영상을 가장 먼저 확인하는 방사선사의 역할이 중요하고, 방사선사의 영상 해석(Reading) 능력이 검사 전체의 질(Quality)에 많은 영향을 미치게 된다.

본원에서는 추가 정적 스캔(Static scan)은 방사선사의 판단에 의해 이루어지지만 SPECT/CT는 판독의 확인 후 이루어지고 있다. 영상에서 병소의 발견, 추가 촬영 여부에 대한 판단이 체계적이고 신속하게 이루어진다면 검사의 정확도와 환자의 대기 시간 감소에 많은 도움이 될 것이다. 그리하여 방사선사의 능력 함양을 위한 다양한 교육과 개선활동이 지속적으로 이루어져 왔다. 본 연구에서는 그 동안 진행되어 왔던 방사선사의 교육 및 표준화된 업무 프로세스 적용이 Bone Scan 오류 감소에 어떠한 영향이 있었는지 확인하고자 한다.

대상 및 방법

Bone Scan에서 발생하는 오류 감소를 위해 몇 가지 업무 프로세스가 적용되었다. 첫 번째는 방사선사의 업무 스킬 향상을 위한 교육 코스, 두 번째는 추가 촬영이 예상되는 환자를 병력(History) 확인 단계에서 미리 분류하는 사전 여과 시스템, 마지막으로 판독의가 Bone Scan 영상에 코멘트(Comment)를 남길 수 있는 NMQA(Nuclear Medicine Quality Assurance)라는 서울아산병원에서 개발한 커뮤니케이션 시스템을 적용하였다. 개선을 위한 프로세스 적용은 2014년 동안 순차적으로 이루어졌으며, 연구 기간 내내 지속적으로 수정 및 보완되었다.

본 연구에서는 필요한 추가 촬영 없이 검사가 종료되는 오류를 막기 위한 안전장치가 설정되었다. 방사선사의 추가 촬영 여부에 대한 판단이 교육에 근거한 기준을 토대로 이루어질 수 있도록 하였고, 추가 Static Scan으로만 한정되었다. SPECT/CT가 필요한 케이스에서는 항상 담당 판독의의 확인이 이루어지고 난 후에 진행되었다(Fig. 1).

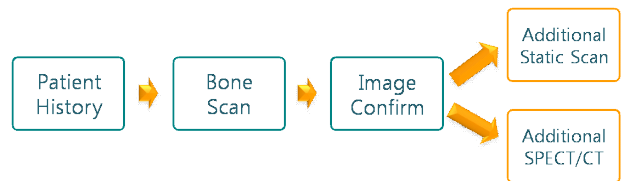


Fig. 1. The additional image acquisition procedure of the whole-body bone scan. The additional static scan is performed by the technologist's judgment, but SPECT / CT is performed after confirmation of the physician.

1. 대상

2014년 1월부터 2016년 12월까지 3년 동안 서울아산병원 핵의학과에서 Bone Scan 검사를 받은 환자를 대상으로 조사하였다. Bone Scan 데이터는 본원에서 Bone Scan 검사를 담당하는 모든 핵의학과 방사선사에 의해 촬영되고 수집되었다.

조사기간 동안 발생하였던 Bone Scan 오류 건수와 발생률을 수집하였다. 검사 오류는 세가지 유형으로 분류하여 다음과 같이 정의하였다. 첫 번째는 Bone Scan에서 필요한 추가 스캔을 놓친 케이스, 두 번째는 Bone Scan에서 잘못된 추가 스캔을 진행한 케이스 그리고 마지막은 Bone Scan 진행과정이나 결과 분석에서 발생한 기타 오류로 분류하였다.

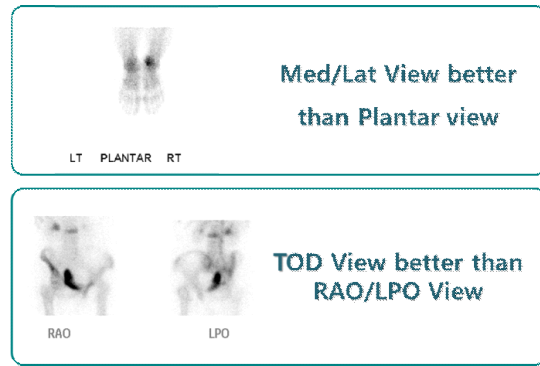


Fig. 2. Training cases of whole-body bone scan curriculum.

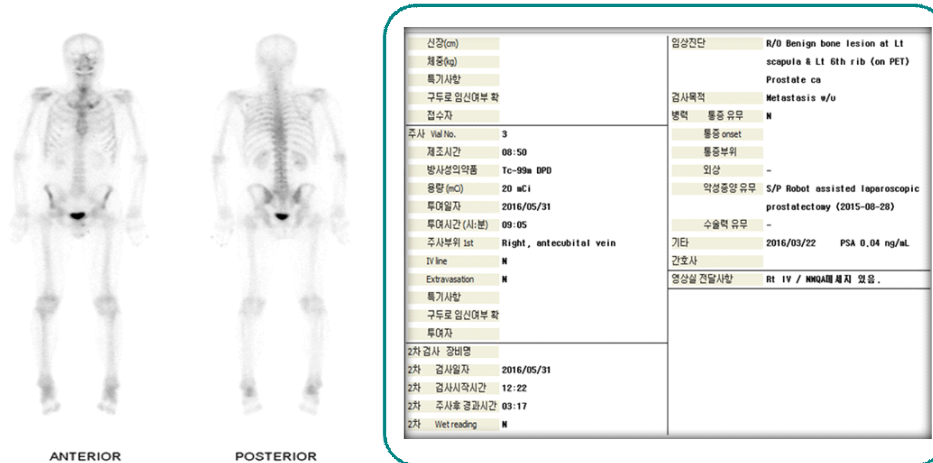


Fig. 3. Test cases of whole-body bone scan curriculum.

Table 1. Criteria for Performing SPECT/CT after Whole-body Bone Scan

selection	Description
A	POST bone graft OP bone Viability
B	Knee pain, TMJ, Skull base, Hip W/U
C	Spondylolysis, Spondylolisthesis, Facet joint Arthritis, Failed back syndrome
D	Metastasis W/U

2. 방법

1) 교육

교육은 의국과 핵의학과 영상 검사 품질을 담당하는 소위 원회 간사의 교육으로 진행되었다. 먼저 의국 연계 교육은 핵의학과 판독의의 진행으로 시행되었으며, Bone Scan 판독 과정과 이상 소견(Abnormal Case) 소개 등 검사 전반에 대한 이해도를 높이는데 주력하였다. 소위원회 간사의 교육은 주로 과거 촬영에서 발생한 검사오류를 바탕으로 진행되었다. 소

위원회 간사는 이를 위해 검사 오류 사례를 수집하고 분석하여, 반복적으로 발생하는 촬영 오류와 혼동하기 쉬운 사례를 직원들에게 교육하였다(Fig. 2).

이외에도 핵의학과 방사선사를 대상으로 정기적으로 Bone Scan 영상 테스트를 진행하였다. 과거에 촬영한 Bone Scan 영상의 판독결과를 모르는 상태에서, 환자 History를 참고하여 추가 촬영이 필요한 부위를 맞추는 테스트를 진행하였다(Fig. 3).

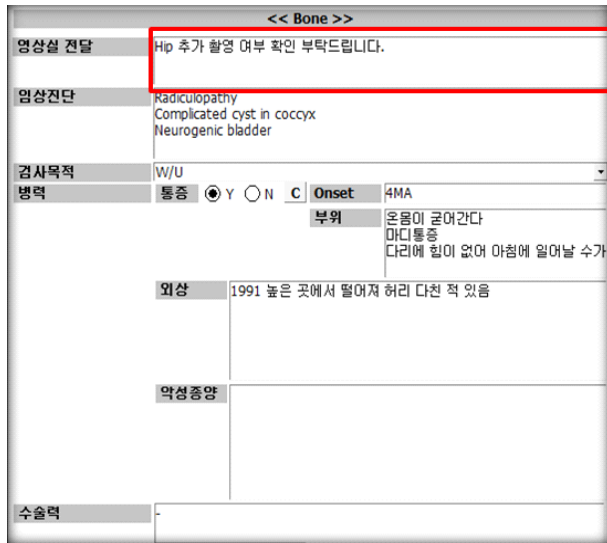


Fig. 4. The transmitted message for the scan error prevention indicated in OCS. To prevent scan error, inform the technologist in charge of the scanning about the precautions and matters to be confirmed.

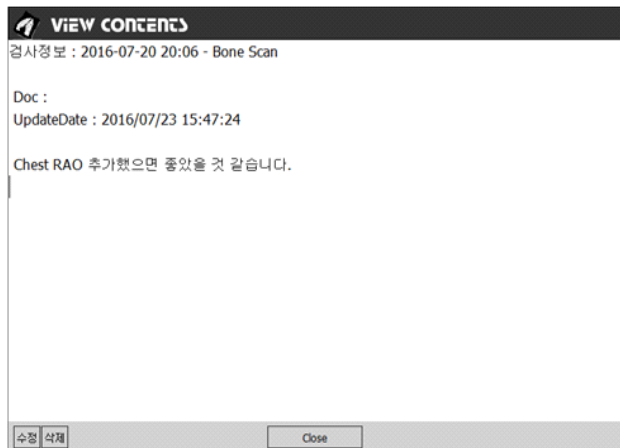


Fig. 5. The example of the transmitted NMQA message. Physicians leave a comment on the bone scan image via NMQA to prevent recurrence of scan errors.



Fig. 6. The screen which NMQA message is popped-up in PACS screen. When clicking the patient information if NMQA was reserved in the past, the message is popped.

2) 사전 여과 시스템

본원에서는 Bone Scan 검사 전에 EMR을 조회하여 History를 확인하고, 환자가 핵의학과를 방문하면 통증 및 이상부위를 추가로 확인한다. 방사선사는 촬영 전에 OCS에 입력된 환자 History와 전달사항을 확인하고 검사를 진행한다.

History 과정에서 환자 케이스를 분류하는데 아래 표와 같은 케이스의 환자는 History 담당자가 추가 촬영 확인 여부를 OCS에 표시한다(Table 1). 방사선사는 이를 검사 시작 전에

OCS에서 내용을 확인하고 History 담당자가 전달한 내용에 따라 추가 촬영 여부를 판독의에게 확인한다(Fig. 4).

3) NMQA System

Bone Scan은 검사의 특성상 지속적으로 F/U을 진행하는 경우가 많다. 그런데 과거 Bone Scan 촬영에서 검사 오류가 있었더라도 전산으로는 쉽게 확인이 어려워 F/U 검사에서 과거 발생한 오류를 그대로 반복할 개연성이 높았다. 이에 본원에서

Table 2. Number of NMQA Cases and Incidence Rate(%) from each year from 2014 to 2016

	2014	2015	2016
Number of patients	15956	16671	19203
Number of NMQA	141	88	86
Incidence Rate(%) of NMQA	0.88	0.53	0.45

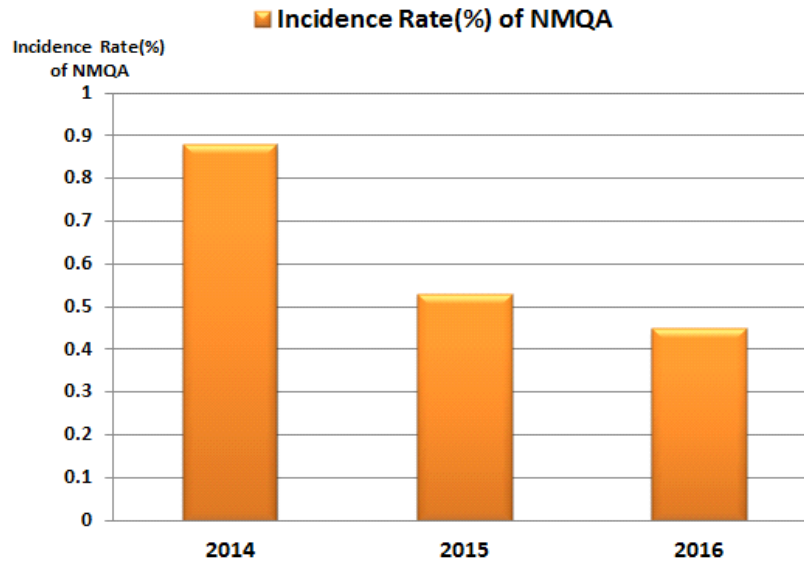


Fig. 7. NMQA incidence rate investigated since 2014 by the year 2016. As the process settled down, the amount of NMQA incidence rate also decreased.

는 원내 의료정보팀과 협업하여 ‘NMQA’ 라는 커뮤니케이션 시스템을 개발하여 업무에 적용하였다.

NMQA란 판독의나 방사선사가 PACS 영상에 코멘트를 남길 수 있도록 시스템이다(Fig. 5). F/U 검사를 진행할 때 과거 촬영된 Bone Scan 영상을 클릭하면 판독의가 남겨놓은 NMQA 메시지가 팝업(Pop Up)되어 방사선사가 확인할 수 있다(Fig. 6). 이렇게 과거 발생한 검사 오류가 사전에 쉽게 확인 가능하도록 업무 프로세스가 변경되어 동일한 검사 오류가 발생하지 않도록 개선되었다. 또한 설정한 기간 내에 발생한 NMQA 건수가 조회 가능하고 발송한 메시지 내역을 확인 할 수 있다.

결 과

결과 확인을 위해 2014년 1월부터 2016년 12월까지 Bone Scan에서 발생한 검사 오류 발생건수와 검사 오류 발생량을 조사하였다. 검사 오류는 조사기간 동안 발생한 NMQA를 기준으로 설정하였다. 연간 발생량은 2014년 141건, 2015년 88건, 2016년 86건으로 집계되었고 NMQA 발생률은 2014년

0.88%, 2015년 0.53%, 2016년 0.45%이었다(Table 2). 2014년부터 2015년까지 NMQA 발생률은 39.7% 감소하였고, 2015년부터 2016년까지 NMQA 발생률은 15.1% 감소하였다(Fig. 7). NMQA 발생률은 조사 기간 동안 전체 Bone Scan 건수 대비 NMQA가 발생한 검사 건수로 나뉘 백분율로 산출하였다.

$$\text{Incidence Rate(%) of NMQA} = \frac{\text{NMQA cases}}{\text{Total Bone Scan cases}} * 100 (\%)$$

Bone Scan에서 발생하는 검사 오류 유형을 세 가지 특성으로 분류하고 NMQA 발생 추이를 조사하였다(Table 3). 개선 사항이 적용되기 시작한 2014년과 개선된 프로세스 적용이 완료된 2016년의 NMQA 데이터를 비교하여 어떤 검사 오류 유형에서 변화가 있었는지 확인하였다. 필요한 추가 스캔을 놓친 케이스와 잘못된 추가 스캔을 진행한 케이스에서 NMQA 발생률이 크게 감소한 것으로 나타났다(Fig. 8).

Table 3. Comparison of NMQA Data Categorized by 2014 and 2016

	2014			2016		
	Cases with Additional Scan missing	Cases with Improper Scanning	Other Error Cases	Cases with Additional Scan missing	Cases with Improper Scanning	Other Error Cases
Jan	4	3	2	16	1	
Feb	15		1	5	1	
Mar	11			3	2	
Apr	6			7	2	1
May	3			5		
Jun	3			9		1
Jul	18	3	2	6		2
Aug	9	1	2	7		1
Sep	5			2		
Oct	16		1	1		2
Nov	13	2		7		
Dec	19	2		1		4
Total (NMQA Cases/ NMQA Incidence Rate)	122/0.76%	11/0.068%	8/0.05%	69/0.35%	6/0.031%	11/0.057%

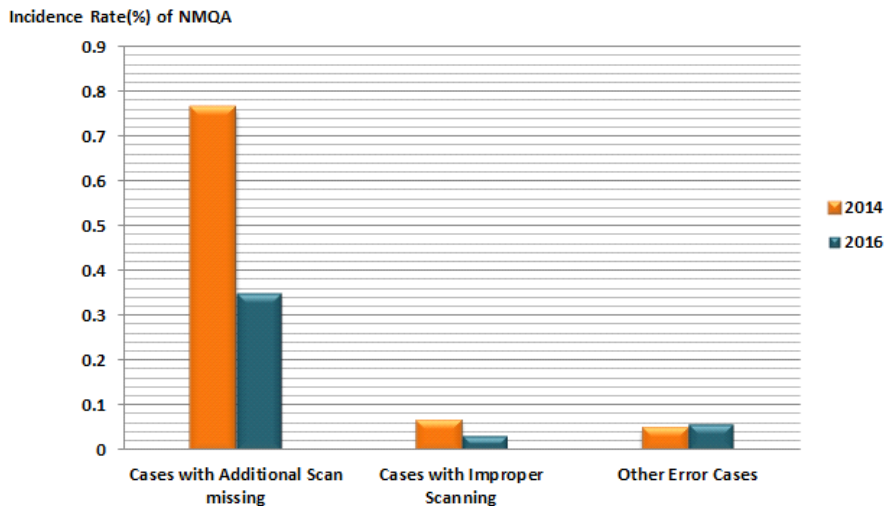


Fig. 8. Categorized NMQA incidence rate(%) comparison for 2014 and 2016. NMQA were classified into three types and compared.

고찰 및 결론

연구기간 동안 시행된 정기 교육과 Bone Scan 영상 테스트는 검사 이해도를 높이고, 반복적으로 발생하는 촬영 오류를 방지하는데 주안점을 두고 진행되었다. 수집된 NMQA를 바탕으로 오류가 빈번히 발생하는 History 케이스를 모아 교육하였다. 사전 여과 시스템의 도입은 환자 History를 담당하는 직원이 추가 촬영(SPECT/CT)이 필요한 케이스를 Clinical Routine에 따라 분류하고, 이를 방사선사에게 전달함으로써 추가 촬영을 놓치는 오류를 막는 안전장치가 되었다. 환자 케

이스 분류와 촬영여부에 대한 판단이 절차화되었기 때문에 이에 대한 불필요한 소요시간과 검사 오류가 감소 되었다. 마지막으로 NMQA의 도입으로 Bone Scan에서 발생한 검사 오류들은 데이터 베이스화되고 수집된 오류 데이터가 교육자료로도 활용되었다. 특히 교육자료로서의 효과가 두드러졌는데 이는 수집된 NMQA 자료를 바탕으로 오류가 자주 발생하는 취약점을 집중적으로 교육했기 때문이라고 생각된다.

개선사항이 적용되기 시작한 2014년과 개선된 프로세스 적용이 완료된 2016년을 비교하면 NMQA 발생률이 큰 폭으로 감소하였다. NMQA 데이터를 특성 별로 세분화하여 비교

한 자료에서 업무 프로세스 개선의 주목적이었던 필요한 추가 촬영 놓침(Miss)과 잘못된 촬영 케이스가 크게 감소하였음을 확인하였다. 따라서 본 연구 결과로 Bone Scan에서 표준화된 업무와 교육의 유용성을 확인할 수 있었다고 생각한다.

그러나 이번 연구에서 몇 가지 한계점이 있었다. 우선 본 연구에서는 검사 오류 감소에 영향을 주는 인자로 새로운 업무 프로세스 적용만을 조사하였다. 때문에 결과에 영향을 미칠 수 있는 다른 인자들(직원들의 업무 숙련도 향상, 근무 조건 변화 등)의 영향력을 제대로 평가하지 못하였다. 또한 연구를 위해 진행된 개선사항은 2014년부터 처음 적용이 되기 시작하였으나 적용 기간 동안 지속적으로 수정 및 보완이 이루어졌기 때문에 명확한 적용시기를 정의하는데 어려움이 있었다. 그리고 통계분석에 필요한 데이터가 부족하여 검사 오류 발생률의 감소 추세만 확인하였을 뿐, 개선 결과의 유용성을 통계적으로 확인하지는 못하였다. 하지만 몇 가지 한계점에도 불구하고 향후 관련된 보강 연구가 충실히 이루어진다면, 본 연구활동이 Bone Scan 뿐만 아니라 다른 검사나 부서에도 효과적인 개선 사례로 활용 가능하다고 사료된다.

요 약

전신 뼈 스캔은 핵의학에서 가장 많은 비중을 차지하는 검사 중 하나이다. 기본적으로 전면상과 후면상을 동시에 획득하는데, 때때로 전면상과 후면상만으로는 병소를 분간하기 어려울 때가 있다. 이러한 경우 SPECT/CT나 추가 정적 영상을 통한 병소의 정확한 위치 확인이 중요하며, 추가 촬영 여부에 대한 최종 판단은 주로 방사선사에 의해 이루어진다. 이에 본원에서는 방사선사의 업무 능력 함양을 위한 다양한 개선활동이 이루어져 왔고, 본 연구에서는 방사선사의 교육 및 표준화된 업무 프로세스 적용이 전신 뼈 스캔 오류 감소에 어떠한 영향을 미치는지 확인하고자 한다. 새로운 프로세스 적용을 위해 몇 가지 시스템이 순차적으로 도입되었다. 첫 번째는 의국 교육 및 테스트의 시행, 두 번째는 추가 촬영이 예상되는 환자를 분류하여 촬영 전에 방사선사가 미리 확인할 수 있는 사전 여과 시스템 도입, 마지막으로 판독의가 방사선사에게 직접 촬영 영상에 대해 피드백 할 수 있는 NMQA라는 커뮤니케이션 시스템을 적용하였다. 결과 확인을 위해 2014년 1월부터 2016년 12월까지 서울아산병원 핵의학과를 내원한 전신 뼈 스캔 환자를 대상으로 조사하였다. 조사 기간 동안 전체 전신 뼈 스캔 대비 NMQA가 전송된 검사 건수를 백분율로 산출하였다. 연간 발생량은 2014년 141건, 2015년 88건, 2016년 86건으로 집계되었고 NMQA 발생률은 2014년 0.88%, 2015년

0.53%, 2016년 0.45%로 감소하였다. 새로운 프로세스가 적용된 2014년 이후 NMQA 발생률이 감소하는 경향을 보였다. 다만 통계적으로 유용성을 확인하기까지는 데이터가 부족하여 향후에도 지속적인 데이터 축적이 필요할 것으로 생각한다. 본 연구를 통해 전신 뼈 스캔 영상 질 향상을 위해 표준화된 업무와 교육의 필요성을 확인하였고 향후에도 지속적인 연구와 관심으로 업데이트가 필요하다고 사료된다.

참고문헌

1. Jacobson AF, Fogelman I. Bone scanning in clinical oncology: does it have a future? *Eur J Nucl Med.* 1998;25:1219-1223.
2. Ryan PJ, Fogelman I. Bone scintigraphy in metabolic bone disease. *Semin Nucl Med.* 1997;27:291-305.
3. Rubenstein J. Imaging of skeletal metastases. *Tech Orthop.* 2004;19:2-8.
4. Savelin G, Maffioli L, Maccauro M, De Deckere E, Bombardieri E. Bone Scintigraphy and the added advantage of SPECT in detecting skeletal lesions. *Q J Nucl Med.* 2001;45:27-37.
5. 고창순 외. 핵의학. 제 3판. *고려의학.* 2008;520.
6. Hoger M, Eschmann SM, Plannenber C, et al. Evaluation of combined emission and transmission tomography for classification of skeletal lesions. *AJR.* 2004;183:655-661.
7. Hoger M, Bares R. The role of single-photon emission computed tomography/computed tomography in benign and malignant bone disease. *Semin Nucl Med.* 2006;36:286-294.
8. Gates GF. SPECT bone scanning of the spine. *Semin Nucl Med.* 1998;28:78-94.
9. Taoka T, Mayr N, Lee H, et al. Factors influencing visualization of vertebral metastases on MR imaging versus bone scintigraphy. *AJR.* 2001;176:1525-1530.
10. Papatthanassiou D, Bruna-Muraille C, Jouannaud C, Gagneux-Lemoussu L, Eschard J, Liehn J. Single-photon emission computed tomography combined with computed tomography (SPECT/CT) in bone diseases. *Joint Bone Spine.* 2009;76:474-480.