



Suggested Protocol for Efficient Medical Image Information Exchange in Korea: Breast MRI

효율적 의료영상정보교류를 위한 프로토콜 제안: 유방자기공명영상

Ji Hee Park, MD¹, Seon-Hyeong Choi, MD^{1*}, Sungjun Kim, MD², Hwan Seok Yong, MD³, Hyunsik Woo, MD⁴, Kwang Nam Jin, MD⁴, Woo Kyoung Jeong, MD⁵, Na-Young Shin, MD⁶, Moon Hyung Choi, MD⁶, Seung Eun Jung, MD⁶

¹Department of Radiology, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

²Department of Radiology, Gangnam Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

³Department of Radiology, Korea University Guro Hospital, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea

⁴Department of Radiology, SMG-SNU Boramae Medical Center, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

⁵Department of Radiology, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

⁶Department of Radiology, Seoul St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

Purpose: Establishment of an appropriate protocol for breast magnetic resonance imaging (MRI) in the study of image quality standards to enhance the effectiveness of medical image information exchange, which is part of the construction and activation of clinical information exchange for healthcare informatization.

Materials and Methods: The recommended protocols of breast and MRI scans were reviewed and the questionnaire was prepared by a responsible researcher. Then, a panel of 9 breast dedicated radiologists was set up in Korea. The expert panel conducted a total of three Delphi agreements to draw up a consensus on the breast MRI protocol.

Results: The agreed breast MRI recommendation protocol is a 1.5 Tesla or higher device that acquires images with prone position using a breast dedicated coil and includes T2-weighted and pre-contrast T1-weighted images. Contrast enhancement images are acquired at least two times, and include 60–120 seconds between images and after 4 minutes. The contrast enhancement T1-weighted image should be less than 3 mm in thickness, less than 120 seconds in temporal resolution, and less than 1.5 mm² in-plane pixel resolution.

Conclusion: The Delphi agreement of the domestic breast imaging specialist group has established the recommendation protocol of the effective breast MRI.

Index terms

Breast
Magnetic Resonance Imaging
Reference Standards

Received March 6, 2018

Revised July 24, 2018

Accepted August 7, 2018

*Corresponding author: Seon-Hyeong Choi, MD
Department of Radiology, Sungkyunkwan University
School of Medicine, Kangbuk Samsung Hospital,
29 Saemunan-ro, Jongno-gu, Seoul 03181, Korea.
Tel. 82-2-2001-1880 Fax. 82-2-2001-1883
E-mail: seonhyeong.choi@samsung.com

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

서론

우리나라 건강보험심사평가원은 컴퓨터 단층촬영(computed tomography; 이하 CT)과 같은 고가 영상장비의 무분별한 재검사로 인한 불필요한 방사선 노출을 줄이고자 2013년 대한영상의학회에 용역을 의뢰하여 “CT 검사 및 재검사 가이드라인”을 출간하였다(1). 그러나 CT의 재촬영은 여전히 빈번하며(2), 최근 자기공명영상(magnetic resonance imaging; 이하 MRI) 검사와 같은 고가 영상장비를 이용한 영상 검사도 그 검사 수가 현저히 증가하여 국민의 의료비가 상승하고, 일부 기관의 적절

치 못한 영상 검사로 인하여 유사한 검사를 중복해 하는 등의 국가적 의료 자원 낭비가 심화되고 있다. 따라서 고가 영상 검사의 중복 및 재촬영 저감을 위한 활동의 일환으로 주요 검사에 관한 표준 프로토콜 개발의 필요성이 대두되었다. 유방 검사의 경우 대부분이 유방 촬영술이나 유방 초음파이지만, 최근 국내 유방암 환자의 급증 및 유방 내 보형물 삽입술 또한 보편화되어 있어 유방 MRI 검사 역시 주요 검사 중 하나로 자리 잡고 있다. 유방 MRI 검사의 경우 미국에서는 미국 영상의학과의 협회(American College of Radiology; 이하 ACR)에서 관리하는 유방 MRI 인증 프로그램(3)이 있으며, 유럽 또한 유럽 유방

암 전문가 그룹(European Society of Breast Cancer Specialists; 이하 EUSOMA)에 의한 유방 MRI 프로토콜과 적응증 등을 포함한 권고안이 2010년 발표되었다(4).

본 연구에서는 국내 유방영상의학의 전문가 집단이 패널로 참여하여, 해외 권고안을 바탕으로 작성된 초안을 바탕으로 국내 의료 환경에 적합한 유방 MRI 검사의 표준 프로토콜을 정립하고자 한다. 또한 환자들이 의료 기관 이송 시에도 표준화된 검사 프로토콜을 이용하여 촬영한 영상을 제공함으로써 의뢰된 영상을 접하는 임상 및 영상학과 전문의에게도 좀 더 손쉽게 질병을 파악할 수 있도록 하려는 데 본 연구의 목적이 있다.

대상과 방법

국내 주요 대학에서 유방영상 분야의 주임 교수로 근무하며, 유방영상에 관해 활발한 연구활동 및 진료를 하시는 유방영상 의학 분야에서 15년 이상의 경력을 가진 전문가 중 참여에 동의한 9분을 선정하여 전문가 패널 집단을 구성하였다.

동의과정(델파이) 방법론

영상 프로토콜 동의과정

표준 검사 프로토콜을 정하기 위해 동의 정도를 조사하는 전문가 설문조사 델파이 방법을 이용하였다. 연구자가 해외 권고

안을 고찰하여 델파이 설문 초안 작성 후 전문가 토론에서 1차 설문지를 작성하였으며, 9명의 영상학과 전문의로 구성된 전문가 패널 집단을 대상으로 설문이 진행되었다. 델파이 설문은 이메일(E-mail)을 통하여 진행하였으며, 전문가 패널의 다양한 의견을 수렴하기 위해 문헌 및 관련 자료를 참고하여 개방형, 선택형 및 9점 척도 단답형 등이 포함된 질문을 작성하여 1회 차 델파이 설문을 시행하였다. 1회 차 델파이 설문의 결과를 바탕으로 연구팀에서 9점 척도의 단답형 질문으로 구성된 설문을 작성하여 2회 차 델파이 설문을 시행하였다. 2차 설문 마감 후 결과를 가지고 9명의 전문가 집단이 모여 토론 과정을 거쳐 3차 설문지를 작성하였으며, 최종 3차 설문지의 동의 여부로 최종 프로토콜을 제정하였다.

조사방법은 각 질문에 대한 동의 정도를 1점(매우 동의하지 않음)에서 9점(매우 동의함)의 범주 내에서 응답하도록 하였다. 응답은 1~3점이 동의하지 않음, 4~6점이 모르겠음, 7~9점을 동의함으로 정의하였다.

해외권고안을 반영한 설문지 내용

미국의 ACR 권고안에 따른 임상영상평가 및 유럽의 EUSOMA 그룹의 권고안에 따르면 공통적으로 물을 구분할 수 있는 T2 강조영상을 포함할 것과 조영증강 전 T1 강조영상 및 최소 두 위상(phase) 이상의 조영증강영상을 얻어야 한다고 권고한다. 또한 조영증강영상에서 절편의 두께는 3 mm 이하여야 하

Table 1. 유방자기공명영상의 표준 검사 프로토콜에 대한 1차와 2차 설문조사표

동의정도	점수								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	동의하지 않음			모르겠음			동의함		

유방자기공명영상의 표준검사 프로토콜	
1	1.5 T 이상의 기기에서 촬영하여야 한다.
2	유방 전용 코일을 사용하여야 한다.
3	Prone position으로 촬영하여야 한다.
4	T2 강조영상이 포함되어야 한다.
5	적어도 2 phase 이상의 dynamic contrast T1WI가 포함되어야 한다.
6	Pre-contrast T1WI가 포함되어야 한다.
7	Early phase (1st) post-contrast T1 강조영상은 60~120초 사이에 촬영하여야 한다.
8	Delayed phase (last) post-contrast T1 강조영상은 4분 이후에 촬영하여야 한다.
9	Subtraction image를 포함하여야 한다. "역동적 조영증강영상의 조건은 아래와 같다."에 동의 하십니까? (세부별 답변 10~13)
10	Slice thickness ≤ 3.0 mm
11	Spatial in-plane pixel resolution ≤ 1.5 mm ² (preferably ≤ 1 mm ²)
12	Temporal resolution ≤ 120 sec
13	No gap
14	Maximum intensity projection 영상을 포함하여야 한다.

T1WI: T1 weighted image

며, 동위상(in-phase) 픽셀은 1 mm 이하를 권고한다. 또한 조영증강은 조영제 주입 후 빠른 위상을 포함하여야 한다. 이상의 해외 권고안을 바탕으로 전문가 그룹의 토론 후에 결정된 텔파이 설문 초안은 Table 1, Supplementary Table 1A (in the online-only Data Supplement)와 같다.

합의에 대한 정의(Definition of Consensus)

각 질문에 대해 7~9점 이상의 응답이 전체 응답자의 75% 이상일 때(9명 중 7명 이상) 해당 질문은 동의한 것으로 간주하였다. 2회 차 텔파이 설문에서 동의를 획득하지 못한 질문에 대해 3회 차 텔파이 설문을 시행하였고 텔파이 설문을 종료하였다.

각 질문에 대해 7~9점 이상의 응답이 75% 이상인 경우 동의한 것에 합의한 것으로, 4~6점에 응답이 75% 이상인 경우 정의하고 결론을 낼 수 없음/판단할 수 없음 등에 합의한 것으로, 1~3점에 75% 이상 투표한 경우 동의하지 않는 것에 합의한 것으로 정의하였다. 25% 이상의 불일치를 보일 경우 합의가 결렬(lack of consensus)된 것으로 정의하였다.

결과

총 9명의 유방영상 전문가로 구성된 패널의 첫 번째 텔파이 동의 과정에서 9번과 13번(no gap), 14번(maximum intensity projection [이하 MIP] 영상을 포함하여야 한다)을 제외한 11개

의 항목이 모두 동의되었다(Supplementary Table 2A in the online-only Data Supplement). 이후 다시 진행된 두 번째 텔파이 동의 과정에서 13번(no gap)은 동의되었으나 14번 항목(MIP 영상 포함)은 비동의 되었다(Supplementary Table 2B in the online-only Data Supplement). 9번 감산영상(subtraction image)의 경우 논의가 필요함을 여러 전문가가 요청하였고, 전체 집합 회의를 거쳐 9번 항목은 “감산영상을 포함한다”는 문장이 “감산영상을 포함하거나 지방포화(fat saturation) 또는 지방억제(fat suppression) 영상을 포함한다”로 수정되었으며, 수정된 문구(Table 2, Supplementary Table 1B in the online-only Data Supplement)를 이용한 3차 텔파이 동의 과정에서 수정된 문구가 동의되었다. 맨 처음 설문과 비교하면 9번은 수정 후 동의되었고, 14번은 비동의되어 총 13개의 항목이 최종 동의되었다(Supplementary Table 2C in the online-only Data Supplement). 이상의 동의된 프로토콜을 바탕으로 회의를 통하여 유방 MRI 국내 전문가 합의 프로토콜이 최종 결정되었다(Table 3, Supplementary Table 3 in the online-only Data Supplement).

고찰

미국과 유럽의 유방 MRI 권고안을 살펴보았을 때 자장의 세기 기준 유무와 동위상 픽셀 사이즈를 제외한 T2 강조영상의 포함 및 조영증강 T1 강조영상의 획득 시간 및 절편의 두께 등

Table 2. 유방자기공명영상의 표준검사프로토콜에 대한 3차 설문조사표

동의정도	점수								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	동의하지 않음			모르겠음			동의함		

유방자기공명영상의 표준검사 프로토콜

- 1 1.5 T 이상의 기기에서 촬영하여야 한다.
- 2 유방 전용 코일을 사용하여야 한다.
- 3 Prone position으로 촬영하여야 한다.
- 4 T2 강조영상이 포함되어야 한다.
- 5 적어도 2 phase 이상의 dynamic contrast T1WI가 포함되어야 한다.
- 6 Pre-contrast T1WI가 포함되어야 한다.
- 7 Early phase (1st) post-contrast T1 강조영상은 60~120초 사이에 촬영하여야 한다.
- 8 Delayed phase (last) post-contrast T1 강조영상은 4분 이후에 촬영하여야 한다.
- 9 Subtraction image를 포함하거나 조영증강 fat saturated 영상 중 하나를 포함하여야 한다.
“역동적 조영증강영상의 조건은 아래와 같다.”에 동의하십니까? (세부별 답변 10~13)
- 10 Slice thickness ≤ 3.0 mm
- 11 Spatial in-plane pixel resolution ≤ 1.5 mm² (preferably ≤ 1 mm²)
- 12 Temporal resolution ≤ 120 sec
- 13 No gap
- 14 Maximum intensity projection 영상을 포함하여야 한다.

T1WI: T1 weighted image

Table 3. 유방자기공명영상의 추천표준검사 프로토콜

적응증
유방암의 진단 후 치료 전 병기 결정 및 수술 전 항암 평가 고위험군의 선별 검사 (BRCA 유전자 돌연변이 보인자 포함) 유방 내 실질에 주입된 이물질 때문에 MRI를 제외한 다른 검사로는 검사가 불가능할 경우 그 외 유방 MRI에서 발견된 병소의 추적관찰
기기 및 환자의 자세
적어도 1.5 T 이상의 기기에서 유방 전용 코일을 이용하여 엎드린 자세(prone position)에서 양측 유방의 영상을 획득
영상면(imaging plane)
영상면은 판독하는 영상학과 의사가 편한 것으로 획득하면 되나 양측 유방이 모두 포함되어야 하며, 스캔 범위에 누락되는 부분이 없어야 한다.
펄스 대열(적어도 아래 4가지 이상의 펄스 대열을 포함하여야 함.)
T2 강조영상 3가지 이상의 T1 강조영상(조영증강 전, 초기 조영증강영상, 후반기 조영증강영상)
영상의 질 평가 시 고려 사항
T2 강조영상에서 물 성분이 잘 구분되어야 한다. 조영증강 T1 강조영상은 지방 억제 기법으로 촬영이 되었거나 아니면 subtraction 영상을 포함하여야 한다. 조영증강 T1 강조영상은 조영제 주입 후 60~120초 사이에 촬영된 영상과 4분 이후에 촬영된 영상을 포함하여야 한다. 조영증강 T1 강조영상의 절편 두께는 3 mm 이하여야 하며 gap은 없어야 한다. 조영증강 T1 강조영상의 spatial in-plane resolution은 1 mm ² 이하면 좋겠으나 최대 1.5 mm ² 이하여야 한다. 조영증강 T1 강조영상의 temporal resolution은 120초 이하여야 한다.

의 기준이 대부분 동일하였다(3, 4). 유방 영상의 경우 각국의 유방암 검진 및 치료 권고안이 잘 구성되어 있어 논란의 여지가 많지 않아 델파이 설문자 초안 작성을 위한 회의 때에도 큰 이견은 없었다. 최종 합의된 권고안은 유럽의 경우와 미국의 경우와 마찬가지로 적응증부터 기기 및 환자의 자세, 영상면, 펄스 대열, 임상 영상 평가 시 고려할 점으로 구성되어 있다. 적응증에는 미국 및 유럽과 마찬가지로 유방암 진단 후 수술 전 병기 결정(3-6)뿐 아니라 BRCA 유전자 변이를 가진 고위험군의 유방암 선별 검사도 포함되어 있으며(7, 8), 엎드린 자세에서 촬영할 것을 권고한다(4, 5, 9, 10). 영상 자체가 촬영 시 유방 전용 코일을 사용하여 비교적 판독 가능한 영상을 얻을 수 있어, 유방 전용 코일이 부착 가능한 기기는 대부분 1.5 Tesla (T) 이상 장비여야 하므로 권고안의 기기 규정은 1.5 T 이상으로 하였다. 영상면의 경우 어느 면으로 영상을 획득하든지 빠지는 부분이 없게 스캔을 시행하면 되나 T2 강조영상 이외에도 미국과 마찬가지로 3가지 T1 강조영상을 획득할 것을 권고한다.

조영증강 T1 강조영상의 경우 공백(gap) 없이 3 mm 이하 두께로 촬영을 하여야 하며, 지방포화기법을 이용하거나 감산영상을 포함하여야 한다(3-5, 10). 이는 미국 기준과 동일하다. 또한 조영증강 T1 강조영상의 측면 해상력(temporal resolution)은 120초 이하여야 한다. 이러한 권고안은 의료영상 교류에 필요한 최소한의 영상 조건을 의미하는 것이며, 유방 MRI 검사에 익숙하지 않은 일반 병원의 방사선사나 영상학과 의사에게 유용하게 이용되리라 기대된다. 실제로 유방 MRI를 많이 찍는 상급 종합병원에서는 이러한 기본 프로토콜 이외에 컴

퓨터 보조진단장치(computer aided diagnosis)나 확산강조영상(diffusion weighted image) 등을 이용해 필요에 따라 추가적인 검사를 시행한다(8, 9). 또한 앞에서 MIP 영상의 경우 있으면 한눈에 보기 쉬워 빠른 판독에 도움이 되지만, 진단에 필수적이라 여겨지지 않아 비동의되었으나 차후 임상영상평가 시에는 추가점수를 받을 수 있는 항목으로 제안한다.

결론적으로 국내 유방영상 전문가 패널에서는 현재 미국과 유럽에서 실질적으로 쓰이고 있는 권고안을 바탕으로 비슷한 수준의 권고안을 정립하였으며, 이는 의료영상정보교류에서 유방 MRI 검사에 유용하게 사용될 것이라 기대한다.

Acknowledgments

이 논문은 2017년 한국보건산업진흥원의 보건의료기술연구개발사업(첨단의료기술개발), 보건의료정보화를 위한 진료정보교류 기반 구축 및 활성화(과제고유번호:HI14C2756)의 일부를 정리한 것이다.

Supplementary Materials

The online-only Data Supplement is available with this article at <http://dx.doi.org/10.3348/jksr.2018.79.5.254>.

REFERENCES

1. Jung SE. CT examination and retest Guidelines. *Korean Society of Radiology*, 2013

- Hwang J, Paik SH, Park JS, Lee H. Clinical significance of short-term repeat computed tomography examination on the same anatomic region. *J Korean Soc Radiol* 2017;77:157-165
- American College of Radiology (ACR) Accreditation Breast MRI. Available at: <https://www.acr.org/Quality-Safety/Accreditation/BreastMRI>. Accessed Jul 15, 2017
- Sardanelli F, Boetes C, Borisch B, Decker T, Federico M, Gilbert FJ, et al. Magnetic resonance imaging of the breast: recommendations from the EUSOMA working group. *Eur J Cancer* 2010;46:1296-1316
- Mann RM, Balleyguier C, Baltzer PA, Bick U, Colin C, Cornford E, et al. Breast MRI: EUSOBI recommendations for women's information. *Eur Radiol* 2015;25:3669-3678
- Bae MS, Lee SH, Chu AJ, Shin SU, Ryu HS, Moon WK. Pre-operative MR imaging in women with breast cancer detected at screening US. *Radiology* 2017;282:681-689
- Kuhl CK. Current status of breast MR imaging. part 2. Clinical applications. *Radiology* 2007;244:672-691
- Abramovici G, Mainiero MB. Screening breast MR imaging: comparison of interpretation of baseline and annual follow-up studies. *Radiology* 2011;259:85-91
- Hendrick RE. High-quality breast MRI. *Radiol Clin North Am* 2014;52:547-562
- Kuhl C. The current status of breast MR imaging. part I. Choice of technique, image interpretation, diagnostic accuracy, and transfer to clinical practice. *Radiology* 2007;244:356-378

효율적 의료영상정보교류를 위한 프로토콜 제안: 유방자기공명영상

박지희¹ · 최선형^{1*} · 김성준² · 용환석³ · 우현식⁴ · 진광남⁴ · 정우경⁵ · 신나영⁶ · 최문형⁶ · 정승은⁶

목적: 보건의료정보화를 위한 진료정보교류 기반 구축 및 활성화 과제의 일부인 의료영상정보교류의 효용성을 높이기 위한 영상 품질 기준 연구에서 유방 자기공명영상검사의 적절한 프로토콜을 정립한다.

대상과 방법: 문헌 및 참고자료를 통한 국내외 유방 자기공명영상검사의 권고 프로토콜과 판독문 형식을 조사하고, 책임 연구자가 설문지를 작성한 후, 국내 9명의 유방영상의학 전문가를 섭외하여 패널을 구성하였다. 전문가 패널은 총 3차례의 델파이 합의를 진행하여 유방자기공명영상 프로토콜의 합의안을 도출하였다.

결과: 합의된 유방자기공명영상 권고 프로토콜은 1.5 테슬라 이상의 기기로 유방 전용 코일을 사용하여 복와위 자세에서 영상을 획득하며, T2 강조영상과 조영 전 T1 강조영상을 포함한다. 조영증강영상은 적어도 2차례 이상 획득하며, 60~120초 사이 영상과 4분 이후 영상을 포함한다. 또한 조영증강 T1 강조영상의 절편 두께는 3 mm 이하, 측면 해상력은 120초 이하, 공간 내 평면 해상도는 1.5 mm² 이하여야 한다.

결론: 국내 유방영상전문가 집단의 3차례에 걸친 델파이 합의를 통하여 효율적인 유방 자기공명영상검사의 검사 프로토콜 권고안을 정립하였다.

¹성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 영상의학과, ²연세대학교 의과대학 강남세브란스병원 영상의학과,

³고려대학교 의과대학 고려대학교 구로병원 영상의학과, ⁴서울대학교 의과대학 서울특별시립 보라매병원 영상의학과,

⁵성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 영상의학과, ⁶가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 방사선과