












Korean Clinical Imaging Guidelines for the Appropriate Use of Chest MRI

한국형 흉부 MRI 영상 진단 정당성 권고안

Jiyoung Song, MD¹ , Bo Da Nam, MD² , Soon Ho Yoon, MD¹ ,
Jin Young Yoo, MD³ , Yeon Joo Jeong, MD⁴ , Chang Dong Yeo, MD⁵ ,
Seong Yong Lim, MD⁶ , Sung Yong Lee, MD⁷ , Hyun Koo Kim, MD⁸ ,
Byoung Hyuck Kim, MD⁹ , Kwang Nam Jin, MD^{10*} , Hwan Seok Yong, MD¹¹ 

¹Department of Radiology, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

²Department of Radiology, Soonchunhyang University Hospital, Seoul, Korea

³Department of Radiology, Chungbuk National University Hospital, Cheongju, Korea

⁴Department of Radiology, Pusan National University Hospital, Busan, Korea

⁵Division of Pulmonary and Critical Care Medicine, Eunpyeong St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

⁶Division of Pulmonary and Critical Care Medicine, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

⁷Division of Pulmonary, Allergy, and Critical Care Medicine, Departments of Internal Medicine,

⁸Thoracic and Cardiovascular Surgery, and ¹¹Radiology, Korea University Guro Hospital, Seoul, Korea
Departments of ⁹Radiation Oncology and ¹⁰Radiology, Seoul Metropolitan Government-Seoul National University Boramae Medical Center, Seoul, Korea

MRI has the advantages of having excellent soft-tissue contrast and providing functional information without any harmful ionizing radiation. Although previous technical limitations restricted the use of chest MRI, recent technological advances and expansion of insurance coverage are increasing the demand for chest MRI. Recognizing the need for guidelines on appropriate use of chest MRI in Korean clinical settings, the Korean Society of Radiology has composed a development committee, working committee, and advisory committee to develop Korean chest MRI justification guidelines. Five key questions were selected and recommendations have been made with the evidence-based clinical imaging guideline adaptation methodology. Recommendations are as follows. Chest MRI can be considered in the following circumstances: for patients with incidentally found anterior mediastinal masses to exclude non-neoplastic conditions, for pneumoconiosis patients with lung masses to differentiate progressive massive fibrosis from lung cancer, and when invasion of the chest wall, vertebrae, diaphragm, or major vessels by malignant pleural mesothelioma or non-small cell lung cancer is suspected. Chest MRI without contrast enhancement or with minimal dose low-risk contrast media can be considered for pregnant women with suspected pulmonary embolism. Lastly, chest MRI is recommended for patients with pancoast tumors planned for radical surgery.

Index terms Magnetic Resonance Imaging; Thorax; Guideline; Consensus; Radiology

Received October 29, 2020

Revised January 15, 2021

Accepted February 1, 2021

*Corresponding author

Kwang Nam Jin, MD
Department of Radiology,
Seoul Metropolitan Government-
Seoul National University
Boramae Medical Center,
20 Boramae-ro 5-gil, Dongjak-gu,
Seoul 07061, Korea.

Tel 82-2-870-2548

Fax 82-2-870-3539

E-mail wlsrhkdska@gmail.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.

ORCID iDs

Jiyoung Song 
<https://orcid.org/0000-0001-6171-876X>
Bo Da Nam 
<https://orcid.org/0000-0001-7822-6104>
Soon Ho Yoon 
<https://orcid.org/0000-0002-3700-0165>
Jin Young Yoo 
<https://orcid.org/0000-0003-0007-1960>
Yeon Joo Jeong 
<https://orcid.org/0000-0002-1741-9604>
Chang Dong Yeo 
<https://orcid.org/0000-0002-4103-7921>
Seong Yong Lim 
<https://orcid.org/0000-0001-8098-3622>
Sung Yong Lee 
<https://orcid.org/0000-0002-8693-5792>
Hyun Koo Kim 
<https://orcid.org/0000-0001-7604-4729>
Byoung Hyuck Kim 
<https://orcid.org/0000-0002-6156-0744>
Kwang Nam Jin 
<https://orcid.org/0000-0001-5494-9113>
Hwan Seok Yong 
<https://orcid.org/0000-0003-0247-8932>

권고 개발 배경

흉부 질환의 영상 진단에 있어 가장 많이 사용되는 영상 기법은 흉부 X선 촬영 다음으로는 전산화단층촬영(이하 CT)이다. 폐포 내 공기와 폐실질 병변의 높은 대조도로 인해서 폐병변을 CT로 감지하기 용이할 뿐만 아니라 CT 검사로 단면 영상 획득 및 삼차원 영상 재구성이 가능하고 빠른 시간 내에 촬영이 가능하기 때문에 흉부 병변의 평가에 널리 사용되고 있다. 하지만 CT 검사에는 의료 방사선 피폭이 수반되기 때문에 임신부나 소아 등의 방사선에 민감한 환자군이나 반복적인 검사가 필요한 환자군에 있어서는 사용에 제한점이 있다.

자기공명영상(이하 MRI)은 의료방사선 피폭의 위험 없이 병변을 평가할 수 있을 뿐만 아니라, 연조직 대조도가 CT보다 우수하고, 해부학적 정보에 더해 기능적인 정보를 추가로 얻을 수 있다는 장점이 있다. 따라서 방사선 위험이 없는 영상 검사가 필요한 환자군이나 보다 정확한 병변의 침범 범위 파악이 필요한 경우에는 MRI 검사를 시행하는 것이 CT보다 유리할 수 있다.

하지만 이런 장점에도 이전까지 흉부 병변에 대해서는 MRI가 널리 활용되지 못했던 것은 기술적 한계와 비싼 가격 때문이었다. 폐에는 수소 원자 밀도가 낮고, 공기와 연조직 경계면에서 발생하는 자화율 인공물(susceptibility artifact)로 신호 감소가 빨라 고전적인 MRI 기법으로는 영상화를 위한 충분한 신호를 얻는 것이 어려웠다(1). 또한 호흡 운동과 심장박동, 혈관의 박동 등으로 인한 움직임 인공물(motion artifact) 문제에 대한 해결이 필요하였다. 최근 MRI 관련 기술의 발전으로 상기한 기술적 제약을 뛰어넘어 흉부 MRI가 가능해졌고(2), 각종 흉부 병변에 맞춤형 MRI 프로토콜들이 발전되면서 여러 질환에 대한 흉부 MRI의 적응증이 확대되고 있다(3). 2019년 11월부터 흉부 MRI의 건강보험적용 확대로 보장성이 증대됨에 따라 흉부 MRI에 대한 임상가와 환자들의 수요가 더욱 급증할 것이다. 그러나 흉부 병변이 의심될 때 흉부 MRI 검사의 적절한 활용에 대해 한국의 의료 실정에 맞게 체계적으로 정리한 진료지침이 없는 상황이다.

MRI 비용, 검사 시간 등으로 효율적인 보건의료자원 배분과 비용 이득 차원에서 한국 의료실정에 맞는 흉부 MRI 영상 진단 가이드라인이 필요하다. 개발위원회, 실무위원회, 전문가 협의체의 의견을 수렴하여 흉부 MRI의 적절한 활용에 대한 지침을 마련하여 흉부 MRI 검사의 정당성을 확보하고자 본 권고안을 개발하였다.

진료지침 개발 과정

권고안은 개발위원회에서 개발한 근거기반 임상 영상 가이드라인 수용개발 방법론 절차에 따라 개발하였다(4).

핵심질문 선정

유관 학회의 자유로운 의견을 반영하여 실무위원회에서 1차 작성한 핵심질문에 대해 개발위원회와 전문가 협의체의 자문을 받아 수정 후 최종 5개의 문장형 핵심질문을 선정하였다. 최종 선정된 핵심질문 5개는 다음과 같다.

핵심질문 1. 우연히 발견된 전종격동 병변이 있는 환자에서 흉부 MRI 검사는 적절한가?

핵심질문 2. 폐 종괴가 발견된 진폐증 환자에서 악성 종양과 진행성거대세포증의 감별 진단을 위한 흉부 MRI 검사는 적절한가?

핵심질문 3. 흉부 종양이 있는 환자에서 주변 장기 및 대혈관 침범 평가를 위한 흉부 MRI 검사는 적절한가?

핵심질문 4. 임상적으로 폐색전증이 의심되는 임신부에서 흉부 MRI 검사는 적절한가?

핵심질문 5. 신경학적 증상(Horner's syndrome)을 보이는 폐첨부 폐암 환자에서 병기 결정을 위한 흉부 MRI 검사는 적절한가?

진료 지침 검색 전략

진료 지침의 검색에는 국외 및 국내 문헌 검색 데이터베이스와 해외 진료 지침 관련 사이트를 모두 활용하였다. 국외 데이터베이스로는 Ovid-MEDLINE, Ovid-EMBASE, National Guideline Clearinghouse, Guideline International Network를, 국내 데이터베이스로는 KoreaMed, KMBASE, KoMGI, KGC를 활용하였다. 실무위원회에서 검색 결과를 검토한 후 누락된 가이드라인은 수기 검색을 통해 보완하였다.

진료지침 선별 및 선정

핵심질문 1, 2, 3, 4, 5에 대해, 중복을 제거하고 각각 총 79 (국외 DB 68, 국내 DB 11), 65 (국외 DB 58, 국내 DB 6, 수기검색 1), 82 (국외 DB 69, 국내 DB 11, 수기검색 2), 88 (국외 DB 76, 국내 DB 12), 24 (국외 DB 20, 국내 DB 4) 건의 지침이 검색되었다. 검색된 지침들은 2인 이상의 실무위원이 제목 및 초록 내용을 검토하여 핵심질문과 직접적인 관련이 있는 문헌들만 1차 선별하였다. 1차 선택된 지침들은 원문을 검토하여 미리 설정한 배제기준에 따라 2차 선택/배제 과정을 거쳤다. 최종 4, 2, 3, 4, 2건의 문헌이 선택되었다(Supplementary Fig. 1 in the online-only Data Supplement).

진료 지침의 질 평가

진료지침 선별 과정에서 최종 선택된 문헌 중 진료지침 형태만을 대상으로 질 평가를 수행하였다. 개발위원회에서 Korean Appraisal of Guidelines for Research & Evaluation II tool에 따른 질 평가 과정을 거쳤다. 실무위원회에서 체계적 문헌고찰의 비뚤림 위험 평가 순서도(5)에 근거하여 보고의 질이 나쁘거나 포함 내용이 불완전한 문헌은 배제하였다. '개발의 엄격성' 영역의 점수가 50점 이상인 진료지침을 권고 및 근거정리 대상 진료지침으로 선정하였다. 관련 진료지침이 현저하게 적거나 국내개발 지침인 경우 등에는 질 평가 결과가 낮더라도 권고 및 근거정리를 위한 지침으로 사용하였다.

권고등급 결정 및 권고안 초안 작성

질 평가가 완료된 최종 선택 지침들의 권고 내용 및 고유 권고등급을 핵심질문별로 정리하였고 (Tables 1-5), 국내 상황에서의 수용성 및 적용성을 평가하였다. 기존 지침이 제시한 권고의 근거

가 되는 개별 문헌을 재검토하여 한국 임상영상 진료지침(Korean Clinical Imaging Guidelines; 이하 K-CIG)의 근거수준 결정 방법(Supplementary Table 1 in the online-only Data Supplement)에 따라 근거 문헌들의 근거수준을 근거표(Supplementary Table 2 in the online-only Data Supplement) 형태로 정리하였다. 근거표를 바탕으로 각 핵심질문에 대한 권고문, 근거의 요약, 권고 고려사항, 참고문헌으로 구성된 권고안의 초안을 작성하였다. 각 권고문은 개발위원회의 검토를 거쳐서 K-CIG 권고등급 체계 및 근거수준 결정법(Supplementary Tables 3, 4 in the online-only Data Supplement)에 따른 권고등급 및 종합 근거수준을 포함하였다.

권고안의 합의

영상의학 분야 전문가 4명, 유관 학회 임상 전문가 3명(대한결핵 및 호흡기학회 1명, 대한폐암학회 2명), 연구방법론 전문가 1명으로 컨센서스 그룹을 구성하고, 델파이 기법을 이용하여 권고문 초안에 대한 전문가 동의 정도를 조사하였다. 동의 정도는 1~3점(동의하지 않음), 4~6점(모르겠음), 7~9점(동의함)으로 나누어 정의하였다. 권고문별 동의 정도의 표준편차를 산술평균으로 나누

Table 1. Recommendation Matrices of the Existing Guidelines (Key Question 1)

Guidelines (year)	Managing Incidental Findings on Thoracic CT: Mediastinal and Cardiovascular Findings A White Paper of the ACR Incidental Findings Committee (2018)	Approaching the Patient with an Anterior Mediastinal Mass: A Guide for Radiologists (2014)	Approaching the Patient with an Anterior Mediastinal Mass: A Guide for Clinicians (2014)
AGREE II score	67	42	42
Recommendation	A purely cystic lesion is most commonly a thymic cyst. These are typically well-circumscribed, round or oval or saccular, and homogeneous lesions near the thymic bed. However, if they are higher density, MRI is superior to CT in distinguishing cystic versus solid lesions, identifying cystic or necrotic components within solid lesions, and identifying septations or soft tissue components within cystic lesions	1) When a cystic mass is suspected or is to be investigated, MRI is the most useful imaging modality, because MRI is superior to CT in distinguishing cystic from solid masses (e.g., thymic cysts from thymic neoplasms), discerning cystic/necrotic components within solid masses, and discerning thymic hyperplasia from thymic tumors 2) Chemical shift techniques used in MRI can also be used to differentiate thymic hyperplasia from thymoma in adult patients 3) In the case of suspected thymic cyst, MRI should be performed. Purely cystic lesions in the anterior mediastinum with no soft tissue nodules and no internal septations on MRI can reliably be diagnosed as unilocular thymic cysts	1) MRI is superior to CT in distinguishing cystic from solid masses, can be performed without contrast in patients who cannot receive intravenous contrast as part of a CT examination (due to renal failure or allergy), and can be used to differentiate thymic hyperplasia from thymoma through the use of chemical shift techniques 2) MRI has the advantage of differentiating thymic hyperplasia and thymoma with greater accuracy and lacks ionizing radiation 3) For instance, when a well-circumscribed, round/oval/saccular, and homogeneous lesion near the thymic bed is present on CT, consideration should be given to thymic cyst and further evaluation with MRI performed
Grades of recommendation	Not mentioned (KCIG 4/5)	Not mentioned (KCIG 4/5)	Not mentioned (KCIG 4/5)

ACR = American College of Radiology, AGREE = Appraisal of Guidelines for Research and Evaluation, KCIG = Korean Clinical Imaging Guideline

Table 2. Recommendation Matrices of the Existing Guidelines (Key Question 2)

Guidelines (year)	ACR Appropriateness Criteria®-Occupational Lung Diseases (2020)
AGREE II score	83
Recommendation	MRI, though known to be limited in detecting abnormalities in the predominantly air-filled lungs, may have a role in evaluation of some parenchymal and pleural abnormalities The investigators observed that all of the lesions detected on CT were identified on the MRI comparison study and MRI interpretations did not demonstrate false-positive or false-negative findings with respect to the presence of PMF on CT
Grades of recommendation	2

ACR = American College of Radiology, AGREE = Appraisal of Guidelines for Research and Evaluation, PMF = progressive massive fibrosis

Table 3. Recommendation Matrices of the Existing Guidelines (Key Question 3)

Guidelines (year)	NCCN Clinical Practice Guidelines in Oology Malignant Pleural Mesothelioma (2012)	ACR Appropriateness Criteria Noninvasive Clinical Staging of Primary Lung Cancer (2019)	BTS Guideline for the Investigation and Management of Malignant Pleural Mesothelioma (2018)
AGREE II score	100	83	83
Recommendation	Chest MRI with contrast to evaluate possible chest wall, spinal, diaphragmatic, or vascular involvement for malignant pleural mesothelioma is appropriate	MRI chest without and with IV contrast may be appropriate for noninvasive initial clinical staging of non-small-cell lung carcinoma MRI chest without and with IV contrast may be appropriate for noninvasive initial clinical staging of small-cell lung carcinoma	In patients where differentiating T stage will change management, consider MRI for the staging of malignant pleural mesothelioma
Grades of recommendation	Category 2A (based upon lower-level evidence, there is uniform NCCN consensus that the intervention is appropriate)	May be appropriate (study quality 3)	Grade D (evidence level 3 or 4)

ACR = American College of Radiology, AGREE = Appraisal of Guidelines for Research and Evaluation, BTS = British Thoracic Society, NCCN = National Comprehensive Cancer Network

변이계수(coefficient variation)를 산출하였다. 변이계수가 작을수록 동의 정도가 일치하는 것으로 보고, 0.5 이하(추가 설문 불필요), 0.5~0.8 (안정적이나 추가 설문 유동적 논의), 0.8 이상(추가 설문 필요)로 정의하였다. 최종 결과에서 동의 정도가 낮거나 일치도가 낮은 권고문은 실무위원회와 개발위원회의 검토 후 최종 권고나 권고등급을 수정하였다. 총 7명의 전문가가 질문에 응답하였으며, 각 핵심질문 1~5의 권고 1~5에 대한 동의 정도는 평균값 6.7 (표준편차; 1.7), 7 (1.1), 7.7 (0.7), 5.8 (2), 8 (0.8)이었다. 변이계수는 모든 항목에서 0.5 미만이었다.

외부 검토

가이드라인 개발에 참여하지 않은 영상의학 전문의와 가이드라인 최종 사용자인 유관 학회 (대한결핵및호흡기학회, 대한폐암학회, 대한흉부심장혈관외과학회) 전문가들이 합의된 권고문을 검토하였고 수정사항을 반영하여 최종안을 확정하였다.

권고 및 근거요약

[핵심질문 1] 우연히 발견된 전종격동 병변이 있는 환자에서 흉부 MRI 검사는 적절한가?

[권고 1] 우연히 발견된 전종격동 병변 환자에서 비종양성 질환 진단을 위하여 흉부 MRI를 고려할 수 있다(권고등급 B, 근거수준 II).

Table 4. Recommendation Matrices of the Existing Guidelines (Key Question 4)

Guidelines (year)	ACR Appropriateness Criteria for Acute Chest Pain—Suspected Pulmonary Embolism (2017)	2018 ESC Guidelines for the Management of Cardiovascular Diseases during Pregnancy (2018)	An Official American Thoracic Society/Society of Thoracic Radiology Clinical Practice Guideline: Evaluation of Suspected Pulmonary Embolism In Pregnancy (2011)
AGREE II score	83	83	100
Recommendation	MRA and MR perfusion imaging can provide a rapid, noninvasive evaluation of the central and segmental pulmonary arteries. MR perfusion imaging has high sensitivity for PE and is most useful in combination with MRI and MRA. Its use is mainly limited to institutions with particular interest and expertise in these methods, and in pregnant patients, although there is not yet proof that the use of gadolinium-containing contrast agents is safe in pregnancy. MRI without MRA is probably not indicated in the routine evaluation of patients with suspected PE. It may rarely be useful in patients who have large central emboli, particularly if used in conjunction with MRI for other indications, such as cardiac morphologic evaluation	MRI (without gadolinium) should be considered if echocardiography is insufficient for a definite diagnosis. Evidence regarding gadolinium-based contrast in pregnancy is controversial and its use should be avoided if possible, especially in the first trimester. Currently, the optimal diagnostic approach for the pregnant patient with suspected PE is uncertain. A modified Wells score may be useful alone or in combination with D-dimer testing to stratify women into those needing imaging, allowing the remainder to avoid unnecessary radiation exposure, but this awaits further study. If the index of suspicion of DVT remains high, then compression ultrasound should be performed, and if this is abnormal then anticoagulation is indicated. If compression ultrasonography is negative, then further testing is required and MRI should be performed. Where PE is suspected and all other investigations are normal, low-dose CT should be undertaken	In the pregnant population, contrast-enhanced MRPA is relatively contraindicated due to the uncertain long-term effects of gadolinium on the fetus
Grades of recommendation	Usually not appropriate, (study quality 3)	Class IIa Level C	Not mentioned

ACR = American College of Radiology, AGREE = Appraisal of Guidelines for Research and Evaluation, PE = pulmonary embolism, MRPA = MR pulmonary angiography

Table 5. Recommendation Matrices of the Existing Guidelines (Key Question 5)

Guidelines (year)		Special Treatment Issues in Non-Small Cell Lung Cancer (2013)
AGREE II score		67
Recommendation	In patients with a pancoast tumor being considered for curative-intent surgical resection, an MRI of the thoracic inlet and brachial plexus is recommended to characterize possible tumor invasion of vascular structures or the extradural space	
Grades of recommendation	Grade 1C	

AGREE = Appraisal of Guidelines for Research and Evaluation

[근거요약]

전종격동 병변은 흉부 CT를 촬영하는 환자 중 약 0.7%에서 우연히 발견될 수 있다(6). 전종격동 병변의 주된 비종양성 질환은 흉선 과형성(thymic hyperplasia)과 흉선 낭종(thymic cyst)이 있으며, 이중 흉선 과형성은 상대적으로 젊은 사람에서, 흉선 낭종은 나이가 많은 사람에서 보다 흔하다(7).

본 지침은 우연히 발견된 전종격동 병변에 대한 영상 검사 관련 American College of Radiologists (이하 ACR) 백서(8)와 흉선 전문 국제학회인 International Thymic Malignancy Interest Group (이하 ITMIG) 출간물(9, 10)을 선택하여 그들의 권고등급과 근거수준을 검토하여 수용 여부를 결정하였다.

ACR 백서 및 ITMIG 출간물 모두 우연히 발견된 전종격동 병변이 CT에서 경계가 좋고, 모양이 구형/난형/낭형(round/oval/saccular)이고, 균질한 음영을 보일 경우 흉선 낭종을 의심할 수 있고 이 경우 영상 검사 중 MRI를 우선 권고하였다. 특히 낭종성 병변을 고형 병변과 구분하는 것뿐만 아니라 낭종성 병변 내부의 연조직(soft tissue)을 발견하거나 내부 격벽 형성 여부를 확인하는 데 유용하다고 기술하였다. 흉선 과형성의 경우 병변 내 미세 지방(microscopic fat)을 포함하는 경우 CT에서 종양과 구분이 어려우나 화학변이 기법(chemical shift technique)을 이용하면 흉선 과형성 내의 미세 지방을 발견할 수 있어 진단에 도움이 되며 방사선 조사가 없음을 명기하였다.

[핵심질문 2] 폐 종괴가 발견된 진폐증 환자에서 악성 종양과 진행성거대섬유증의 감별 진단을 위한 흉부 MRI 검사는 적절한가?

[권고 2] 폐 종괴가 발견된 진폐증 환자에서 악성 종양과 진행성거대섬유증의 감별 진단을 위하여 흉부 MRI를 고려할 수 있다(권고등급 B, 근거수준 III).

[근거요약]

진행성거대섬유화(progressive massive fibrosis)의 병리소견은 진폐 결절(silicotic nodule)과 결체조직의 결합체로 구성되어 있으며, 주로 폐의 상엽에 발생한다(11, 12). 진행성거대섬유화의 CT 소견은 불규칙한 경계를 갖는 연부조직으로 내부에 석회화를 동반하며, 주위로 폐기종이 동반된 폐조직으로 둘러싸여 있다(13). 그러나 전형적인 진행성 섬유화의 영상의학적 소견을 보이지 않거나 크기가 점진적으로 커지는 경우, 흉부 X선 촬영 및 CT 촬영만으로는 진행성거대섬유화에 동반된 폐암을 감별하기가 쉽지 않다. MRI는 방사선 피폭 없이 병변의 조직학적 특성에 대해 CT 보다 더 많은 정보를 제공한다는 이점이 있다.

본 지침은 직업성 폐질환 영상 검사 관련 ACR 지침(14)을 선택하여 권고등급과 근거수준을 검토하여 수용 여부를 결정하였다. Hekimoğlu 등(15)은 20개의 조직학적으로 확인된 진행성거대섬유화 22예의 CT 및 MRI 결과를 비교하여 CT에서 발견된 모든 병변이 MRI 비교 연구에서 확인되었으며, 위양성 또는 위음성 결과를 나타내지 않음을 보고하였다. Matsumoto 등 (16)은 MRI에서 폐암은 T2에서 신호강도가 높은 병변으로 나타나고, 진행성거대섬유화는 골격근의 신호강도와 비교하여 T1 및 T2에서 신호강도가 낮은 것으로 보고하였다. Ogihara 등(17)은 28명 환자의 CT에서 폐암으로 의심되는 40개의 폐병변들에 대해 MRI T2 강조영상에서 고신호를 보이면 폐암, 저신호를 보이면 진행성거대섬유증으로 판단하였을 때, 진행성거대섬유화 진단의 민감도가 100%, 특이도가 94%로 나타났다고 보고하였다. 따라서 MRI 영상의 T2 신호강도는 진행성거대섬유화증으로부터 폐암을 감별하는데 잠재적인 유용성이 있으므로, 흉부 X선 촬영 및 CT 촬영만으로는 진행성거대섬유화에 동반된 폐암을 감별하기가 어려운 경우 흉부 MRI를 고려할 수 있다.

[핵심질문 3] 흉부 종양이 있는 환자에서 주변 장기 및 대혈관 침범 평가를 위한 흉부 MRI 검사는 적절한가?

[권고 3] 악성 흉막 증피종 또는 비소세포 폐암 환자에서 흉벽, 척추, 횡격막 또는 혈관 침범이 의심되는 경우 흉부 MRI를 고려할 수 있다(권고등급 B, 근거수준 III).

[근거요약]

본 지침은 악성 증피종 검사 및 치료와 관련된 National Comprehensive Cancer Network 임상진료지침(18) 및 영국흉부학회 진료지침(19)과 원발성 폐암의 비침습적 임상병기 결정과 관련된 ACR 지침(20)을 선택하여 그들의 권고등급과 근거수준을 검토하여 수용 여부를 결정하였다.

흉부 MRI는 흉벽, 흉내근막, 횡격막 근육 및 종격동 지방 내로의 침입을 탐지하는 특이도와 민감도는 2기 악성 증피종에서 87.5% 및 87.5%, 3기 악성 증피종에서 91% 및 100%이다(21). 흉부 MRI는 악성 증피종의 횡격막 침습(Az = 0.55 for CT vs. 0.82 for MRI) 및 흉내근막 침습 또는 절제 가능한 병소의 흉벽 침습의 진단(Az = 0.46 for CT vs. 0.69 for MRI)에 대한 진단 정확도가 CT 보다 우수하다(22). 석면 관련 흉막 병변 중 악성 증피종은 T2 및 조영증강 T1 영상에서 비균질 고신호강도를 보이며 저신호강도로 보이는 양성 흉막반과 구분된다. 이에 대한 흉부 MRI의 민감도, 특이도 및 진단 정확도는 각각 100%, 95% 및 97%였다(23).

폐암에서 흉부 MRI는 흉벽, 종격동 및 횡격막 침습에 대한 민감도가 CT 및 기타 영상 검사와 비교하여 더 높다(24). 흉부 MRI는 흉부 종괴의 심혈관 침습을 예측하기 위한 정보를 제공하고 수술 전 병기의 정확도를 향상시킬 수 있다. 흉부 종괴의 심혈관 침습에 대한 Cine MR 슬라이딩 운동여부의 정확도는 94.4%였다(25). 동적 호흡(respiratory dynamic) 흉부 MRI에서 흉부 종괴의 슬라이딩 평가는 폐암의 흉벽 침습에 대한 정확한 진단 정보를 제공한다(sensitivity 100%, specificity 82.9%) (26). 상폐구(superior sulcus) 종양에서 상완 신경총 침범에 대한 MRI 평가는 표준검사이다(27). 또한 가돌리늄 투여 후 동적 조영증강 MRI를 사용하여 종양의 관류 및 혈관을 평가하고 항암요법에 대한 반응을 모니터링할 수 있다(28).

[핵심질문 4] 임상적으로 폐색전증이 의심되는 임신부에서 흉부 MRI 검사는 적절한가?

[권고 4] 임신부에서 임상적으로 폐색전증이 의심되나, 다른 검사가 불충분할 경우 비조영 흉부 MRI 혹은 중등도 내지 저위험군 조영제를 가능한 최소한의 용량으로 사용하여 조영증강 흉부 MRI를 고려할 수 있다(권고등급 B, 근거수준 III).

[근거요약]

폐색전증은 임신 관련한 사망률의 주요 원인 질환으로, 미국에서 모성 사망의 20% 정도를 차지한다(29). 심부정맥혈전증(deep vein thrombosis)과 폐색전증을 모두 포괄하는 정맥혈전색전증(venous thromboembolism)의 발생률은 전체 임신 및 산욕기 중 약 0.14%이며, 폐색전증의 발생률은 0.03%가량으로, 임신과 분만은 정맥혈전색전증 발생의 증가와 관련이 있다(30). 그러나 임신부에서 폐색전증이 의심될 때 최적의 진단 방법은 아직 명확히 정립되지 않았다(31).

본 지침은 폐색전증에 대한 영상 검사 관련 ACR 지침인 ACR Appropriateness Criteria acute chest pain suspected pulmonary embolism (32) 및 American Thoracic Society의 clinical practice guideline (33)과 European Society of Cardiology의 가이드라인(34)을 선택하여 그들의 권고등급과 근거수준을 검토하여 수용 여부를 결정하였다. 임신부에서 심부정맥혈전증이 동반된 폐색전증이 의심되면 압박초음파 검사가 권고되며(32-34), 흉부 X선 검사, 폐신티그라피(lung scintigraphy), CT는 방사선 노출의 위험성 때문에 가능한 피해야 한다(32). ATS 권고에 의하면 임신부에서 폐색전증이 의심되는 경우 흉부 X선 검사, 폐신티그라피, 조영증강 CT를 고려할 수 있으나(33) 방사선 위해 및 조영제 부작용의 위험성이 있으므로 MR 폐혈관조영술을 대안으로 고려할 수 있다(32). 그러나 MRI 조영제가 태아에게 줄 수 있는 알려지지 않은 위험성을 염두에 두고 시행하여야 한다(32). 압박 초음파 검사(compression ultrasonography)가 음성인 경우 추가 검사로 CT 혈관조영술 또는 폐신티그라피를 시행하기 이전에 흉부 MRI를 먼저 고려해야 한다(권고등급 IIa, 근거수준 C) (34).

[핵심질문 5] 신경학적 증상(Horner's syndrome)을 보이는 폐첨부 폐암 환자에서 병기 결정을 위한 흉부 MRI 검사는 적절한가?

[권고 5] 폐첨부 폐암 환자에서 근치적 절제술을 고려할 경우 혈관 및 경막 외 공간의 종양 침범을 확인하기 위해 흉부 MRI 검사가 적절하다(권고등급 A, 근거수준 II).

[근거요약]

폐첨부 폐암은 폐첨부에 발생하여 흉벽 구조물을 침범한 악성 종양을 말한다(35). 이는 종종 상완신경총, 쇄골하혈관, 척추 등을 침범하여 손의 방사신경통, 부종 등을 나타낸다. 흉부 X선 검사는 폐첨부 흉막 비후 이외의 특이 소견을 보이지 않아 진단이 어려운 경우가 많다. 그러나 CT 및 MRI는 작은 병변을 발견할 수 있을 뿐만 아니라 해부학적인 침범 범위까지 확인할 수 있다.

본 지침은 폐첨부 폐암의 병기 결정에 대한 영상 검사 관련 지침(36)을 선택하여 그들의 권고등급과 근거수준을 검토하여 수용 여부를 결정하였다. 흉부 MRI는 상완신경총과 혈관을 포함한 폐첨부 흉벽 구조물을 CT보다 잘 보여준다(37). 이런 이유로 폐첨부 종양의 척추체간 신경공, 척수, 상완신경총 침범을 평가할 때 MRI는 표준검사이다(27). 따라서, 폐첨부 폐암 환자에서 근치적 절

제술을 고려할 경우 흉부 MRI 검사를 시행하는 것을 권고한다.

권고 고려사항

이득과 위해

우연히 발견된 전종격동 병변 환자에서 비종양성 질환 진단이 의심되는 경우 진단을 위하여 흉부 MRI 검사를 우선적으로 시행하는 것이 환자에게 이득이 될 것이다.

MRI는 방사선 피폭 위험 없이 병변의 조직학적 특징과 연부 조직 침습 범위 평가에 있어 CT보다 더 많은 정보를 제공한다는 이점이 있다. 따라서, 1) 폐 종괴가 발견된 진폐증 환자에서 악성 종양과 진행성거대섬유증의 감별 진단, 2) 악성 흉막 증피종, 비소세포 폐암의 흉벽, 척추, 횡격막 또는 혈관 침범 평가, 3) 호너증후군 등의 신경학적 증상을 보이는 폐첨부 폐암 환자의 폐첨부 흉벽 구조물 평가를 위한 흉부 MRI는 CT 검사보다 이점이 있다. 중증의 신기능 저하 환자에서는 자기 공명영상 조영증강을 위한 가돌리늄 조영제의 부작용이 보고된 바 있으므로 사용 전 적절한 평가와 예방이 필요하다.

폐색전증이 의심되는 임신부에서 흉부 MRI는 방사선 위험성이 없다는 이점이 있으나, 가돌리늄 조영제에 대한 태아의 위험성이 아직 밝혀지지는 않았다. 조영제 진료지침에 따르면 고위험군 조영제의 사용은 금기이나, 중등도 내지는 저위험군 조영제를 가능한 최소한의 용량으로 사용할 수는 있다.

국내 수용성과 적용성

본 지침에 포함된 모든 권고문은 국내 수용성과 적용성 평가 결과 적당한 것으로 판단하였다.

검사별 방사선량

흉부 MRI의 방사선량은 0이다.

요약

대한영상의학회는 수용개작 방식을 채택하여 최초로 흉부 MRI 정당성에 대한 근거기반 임상진료지침을 개발하였다. 본 지침은 우연히 발견된 전종격동 병변 환자에서 비종양성 질환 진단을 위하여 흉부 MRI를 권장한다. 폐 종괴가 발견된 진폐증 환자에서 악성 종양과 진행성거대섬유증의 감별 진단을 위하여 흉부 MRI를 권장한다. 악성 흉막 증피종 또는 비소세포 폐암 환자에서 흉벽, 척추, 횡격막 또는 혈관 침범이 의심되는 경우 흉부 MRI를 권장한다. 임신부에서 임상적으로 폐색전증이 의심되나, 다른 검사가 불충분할 경우 비조영 흉부 MRI 혹은 중등도 또는 저위험군 조영제를 가능한 최소한의 용량으로 사용하여 조영증강 흉부 MRI를 고려할 수 있다. 폐첨부 폐암 환자에서 근치적 절제술을 고려할 경우 혈관 및 경막 외 공간의 종양 침범을 확인하기 위해 흉부 MRI를 권고한다. 본 지침이 다양한 흉부 병변에 대한 진단 및 치료 결정 과정에서 흉부 MRI를 활

용하고자 할 때 임상의학에게 유용하게 쓰일 수 있기를 기대한다.

Supplementary Materials

The online-only Data Supplement is available with this article at <http://dx.doi.org/10.3348/jksr.2020.0185>.

Author Contributions

Conceptualization, Y.H.S., J.K.N.; data curation, J.K.N., N.B.D., Y.H.S.; formal analysis, J.K.N., N.B.D., Y.H.S.; funding acquisition, Y.H.S.; investigation, all authors; methodology, J.K.N., N.B.D., Y.H.S.; project administration, J.K.N., N.B.D., Y.H.S.; resources, J.K.N., N.B.D., Y.H.S.; supervision, J.K.N., Y.H.S.; validation, J.K.N., N.B.D., Y.H.S.; visualization, S.J.; writing—original draft, S.J., J.K.N.; and writing—review & editing, S.J., J.K.N.

Conflicts of Interest

The authors have no potential conflicts of interest to disclose.

Funding

This work was supported by the Korean Society of Radiology grant funded by the Korea Disease Control and Prevention Agency.

Acknowledgments

We thank Chang-Hee Cho for her contributions to data acquisition and support.

REFERENCES

- Biederer J, Beer M, Hirsch W, Wild J, Fabel M, Puderbach M, et al. MRI of the lung (2/3). Why ... when ... how? *Insights Imaging* 2012;3:355-371
- Puderbach M, Hintze C, Ley S, Eichinger M, Kauczor HU, Biederer J. MR imaging of the chest: a practical approach at 1.5T. *Eur J Radiol* 2007;64:345-355
- Biederer J, Mirsadraee S, Beer M, Molinari F, Hintze C, Bauman G, et al. MRI of the lung (3/3)-current applications and future perspectives. *Insights Imaging* 2012;3:373-386
- Choi SJ, Jeong WK, Jo AJ, Choi JA, Kim MJ, Lee M, et al. Methodology for developing evidence-based clinical imaging guidelines: joint recommendations by Korean Society of Radiology and National Evidence-Based Healthcare Collaborating Agency. *Korean J Radiol* 2017;18:208-216
- Bosch-Capblanch, Xavier. Handbook for supporting the development of health system guidance. Basel: Swiss Centre for International Health Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.370.9461&rep=rep1&type=pdf>. Published 2011. Accessed Oct 24, 2020
- Yoon SH, Choi SH, Kang CH, Goo JM. Incidental anterior mediastinal nodular lesions on chest CT in asymptomatic subjects. *J Thorac Oncol* 2018;13:359-366
- Nam JG, Goo JM, Park CM, Lee HJ, Lee CH, Yoon SH. Age- and gender-specific disease distribution and the diagnostic accuracy of CT for resected anterior mediastinal lesions. *Thorac Cancer* 2019;10:1378-1387
- Munden RF, Carter BW, Chiles C, MacMahon H, Black WC, Ko JP, et al. Managing incidental findings on thoracic CT: mediastinal and cardiovascular findings. A white paper of the ACR incidental findings committee. *J Am Coll Radiol* 2018;15:1087-1096
- Carter BW, Marom EM, Detterbeck FC. Approaching the patient with an anterior mediastinal mass: a guide for clinicians. *J Thorac Oncol* 2014;9:S102-S109
- Carter BW, Okumura M, Detterbeck FC, Marom EM. Approaching the patient with an anterior mediastinal mass: a guide for radiologists. *J Thorac Oncol* 2014;9:S110-S118
- Spencer H. *Pathology of the lung*. 4th ed. Oxford: Pergamon Press 1985
- Green FH, Laqueur WA. Coal workers' pneumoconiosis. *Pathol Annu* 1980;15:333-410
- Remy-Jardin M, Degroof JM, Beuscart R, Voisin C, Remy J. Coal worker's pneumoconiosis: CT assessment in exposed workers and correlation with radiographic findings. *Radiology* 1990;177:363-371
- Cox CW, Chung JH, Ackman JB, Berry MF, Carter BW, de Groot PM, et al. ACR Appropriateness Criteria® oc-

cupational lung diseases. *J Am Coll Radiol* 2020;17:S188-S197

15. Hekimoğlu K, Sancak T, Tor M, Beşir H, Kalaycıoğlu B, Gündoğdu S. Fast MRI evaluation of pulmonary progressive massive fibrosis with VIBE and HASTE sequences: comparison with CT. *Diagn Interv Radiol* 2010; 16:30-37
16. Matsumoto S, Miyake H, Oga M, Takaki H, Mori H. Diagnosis of lung cancer in a patient with pneumoconiosis and progressive massive fibrosis using MRI. *Eur Radiol* 1998;8:615-617
17. Ogihara Y, Ashizawa K, Hayashi H, Nagayasu T, Hayashi T, Honda S, et al. Progressive massive fibrosis in patients with pneumoconiosis: utility of MRI in differentiating from lung cancer. *Acta Radiol* 2018;59:72-80
18. Ettinger DS, Akerley W, Borghaei H, Chang A, Cheney RT, Chirieac LR, et al. Malignant pleural mesothelioma. *J Natl Compr Canc Netw* 2012;10:26-41
19. Woolhouse I, Bishop L, Darlison L, de Fonseka D, Edey A, Edwards J, et al. BTS guideline for the investigation and management of malignant pleural mesothelioma. *BMJ Open Respir Res* 2018;5:e000266
20. de Groot PM, Chung JH, Ackman JB, Berry MF, Carter BW, Colletti PM, et al. ACR appropriateness criteria® noninvasive clinical staging of primary lung cancer. *J Am Coll Radiol* 2019;16:S184-S195
21. Plathow C, Staab A, Schmaehl A, Aschoff P, Zuna I, Pfannenbergl C, et al. Computed tomography, positron emission tomography, positron emission tomography/computed tomography, and magnetic resonance imaging for staging of limited pleural mesothelioma: initial results. *Invest Radiol* 2008;43:737-744
22. Heelan RT, Rusch VW, Begg CB, Panicek DM, Caravelli JF, Eisen C. Staging of malignant pleural mesothelioma: comparison of CT and MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 1999;172:1039-1047
23. Boraschi P, Neri S, Braccini G, Gigoni R, Leoncini B, Perri G. Magnetic resonance appearance of asbestos-related benign and malignant pleural diseases. *Scand J Work Environ Health* 1999;25:18-23
24. Bonomi M, De Filippis C, Lopci E, Gianoncelli L, Rizzardi G, Cerchiaro E, et al. Clinical staging of malignant pleural mesothelioma: current perspectives. *Lung Cancer (Auckl)* 2017;8:127-139
25. Seo JS, Kim YJ, Choi BW, Choe KO. Usefulness of magnetic resonance imaging for evaluation of cardiovascular invasion: evaluation of sliding motion between thoracic mass and adjacent structures on cine MR images. *J Magn Reson Imaging* 2005;22:234-241
26. Akata S, Kajiwara N, Park J, Yoshimura M, Kakizaki D, Abe K, et al. Evaluation of chest wall invasion by lung cancer using respiratory dynamic MRI. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2008;52:36-39
27. Bruzzi JF, Komaki R, Walsh GL, Truong MT, Gladish GW, Munden RF, et al. Imaging of non-small cell lung cancer of the superior sulcus: part 2: initial staging and assessment of resectability and therapeutic response. *Radiographics* 2008;28:561-572
28. Giesel FL, Bischoff H, von Tengg-Kobligk H, Weber MA, Zechmann CM, Kauczor HU, et al. Dynamic contrast-enhanced MRI of malignant pleural mesothelioma: a feasibility study of noninvasive assessment, therapeutic follow-up, and possible predictor of improved outcome. *Chest* 2006;129:1570-1576
29. Chang J, Elam-Evans LD, Berg CJ, Herndon J, Flowers L, Seed KA, et al. Pregnancy-related mortality surveillance--United States, 1991--1999. *MMWR Surveill Summ* 2003;52:1-8
30. Meng K, Hu X, Peng X, Zhang Z. Incidence of venous thromboembolism during pregnancy and the puerperium: a systematic review and meta-analysis. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2015;28:245-253
31. Konstantinides SV, Barco S, Lankeit M, Meyer G. Management of pulmonary embolism: an update. *J Am Coll Cardiol* 2016;67:976-990
32. Kirsch J, Brown RKJ, Henry TS, Javidan-Nejad C, Jokerst C, Julsrud PR, et al. Appropriateness Criteria® acute chest pain-suspected pulmonary embolism. *J Am Coll Radiol* 2017;14:S2-S12
33. Leung AN, Bull TM, Jaeschke R, Lockwood CJ, Boiselle PM, Hurwitz LM, et al. An official American Thoracic Society/Society of Thoracic Radiology clinical practice guideline: evaluation of suspected pulmonary embolism in pregnancy. *Am J Respir Crit Care Med* 2011;184:1200-1208
34. Regitz-Zagrosek V, Roos-Hesselink JW, Bauersachs J, Blomström-Lundqvist C, Cifková R, De Bonis M, et al. 2018 ESC guidelines for the management of cardiovascular diseases during pregnancy. *Eur Heart J* 2018; 39:3165-3241
35. Detterbeck FC. Changes in the treatment of pancoast tumors. *Ann Thorac Surg* 2003;75:1990-1997
36. Kozower BD, Lerner JM, Detterbeck FC, Jones DR. Special treatment issues in non-small cell lung cancer: diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest* 2013;143:e369S-e399S
37. Heelan RT, Demas BE, Caravelli JF, Martini N, Bains MS, McCormack PM, et al. Superior sulcus tumors: CT and MR imaging. *Radiology* 1989;170:637-641

한국형 흉부 MRI 영상 진단 정당성 권고안

송지영¹ · 남보다² · 윤순호¹ · 유진영³ · 정연주⁴ · 여창동⁵ · 임성용⁶
 이승룡⁷ · 김현구⁸ · 김병혁⁹ · 진광남^{10*} · 옹환석¹¹

MRI는 방사선 위험이 없으며, 높은 연조직 대조도 및 기능 정보 획득의 장점을 가지고 있다. 과거 기술적 한계로 흉부 분야에서 MRI의 사용이 제한되었으나, 최근 기술 발전 및 흉부 MRI의 보험 적용 확대로 흉부 MRI의 적응증과 수요가 급증할 것으로 예상된다. 이에 대한 영상의학회는 한국의 의료 실정에 맞는 흉부 MRI의 적절한 활용과 관련된 지침의 개발이 필요하다고 보고 개발위원회, 실무위원회 및 자문위원회의 의견을 모아 한국형 흉부 MRI 정당성 가이드라인을 개발하였다. 5가지 문장형 핵심질문을 선정하고, 근거기반 임상영상 가이드라인 수용개작 방법론에 의거하여 권고안을 작성하였다. 권고 내용은 다음과 같다. 우연히 발견된 전종격동 병변 환자에서 비종양성 질환 진단을 위하여 흉부 MRI를 권장한다. 폐 종괴가 발견된 진폐증 환자에서 악성 종양과 진행성거대세포육종의 감별 진단을 위하여 흉부 MRI를 권장한다. 악성 흉막 중피종 또는 비소세포 폐암 환자에서 흉벽, 척추, 횡격막 또는 혈관 침범이 의심되는 경우 흉부 MRI를 권장한다. 임신부에서 임상적으로 폐색전증이 의심되나, 다른 검사가 불충분할 경우 비조영 흉부 MRI 혹은 중등도 또는 저위험군 조영제를 가능한 최소한의 용량으로 사용하여 조영증강 흉부 MRI를 고려할 수 있다. 폐첨부 폐암 환자에서 근치적 절제술을 고려할 경우 혈관 및 경막 외 공간의 종양 침범을 확인하기 위해 흉부 MRI를 권고한다.

¹서울대학교병원 영상의학과, ²순천향대학교 서울병원 영상의학과,
³충북대학교병원 영상의학과, ⁴부산대학교병원 영상의학과,
⁵가톨릭대학교 의과대학 은평성모병원 호흡기내과,
⁶성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 호흡기내과,
 고려대학교 구로병원 ⁷호흡기내과, ⁸흉부외과, ¹¹영상의학과,
 서울특별시보라매병원 ⁹방사선종양학과, ¹⁰영상의학과