



CT/MRI Liver Imaging Reporting and Data System (LI-RADS): Standardization, Evidence, and Future Direction

CT/MRI 간영상 판독과 자료체계: 표준화, 근거 및 발전방향

Yeun-Yoon Kim, MD , Jin-Young Choi, MD*

Department of Radiology and Research Institute of Radiological Science, Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

ORCID iDs

Yeun-Yoon Kim <https://orcid.org/0000-0003-2018-5332>

Jin-Young Choi <https://orcid.org/0000-0002-9025-6274>

Received October 26, 2022
Revised November 29, 2022
Accepted December 27, 2022

*Corresponding author

Jin-Young Choi, MD
Department of Radiology and
Research Institute of
Radiological Science,
Severance Hospital,
Yonsei University
College of Medicine,
50-1 Yonsei-ro, Seodaemun-gu,
Seoul 03722, Korea.

Tel 82-2-2228-7400

Fax 82-2-393-3035

E-mail gafield2@yuhs.ac

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.

The liver imaging reporting and data system (LI-RADS) has been developed with the support of the American College of Radiology to standardize the diagnosis and evaluation of treatment response of hepatocellular carcinoma (HCC). The CT/MRI LI-RADS version 2018 has been incorporated in the American Association for the Study of Liver Diseases guidance. This review examines the effect of CT/MRI LI-RADS on the standardized reporting of liver imaging, and the evidence in diagnosing HCC and evaluating treatment response after locoregional treatment using CT/MRI LI-RADS. The results are compared with other HCC diagnosis guidelines, and future directions are described.

Index terms Liver Neoplasms; Magnetic Resonance Imaging; Computed Tomography, X-Ray; Diagnosis

서론

간영상 보고 및 자료체계(liver imaging reporting and data system; 이하 LI-RADS)는 간세포암종 고위험군에서 간세포암종의 영상검사를 이용한 진단과 치료반응평가 등을 표준화하기 위해 미국영상의학회의 후원을 받아 개발되었다(1). LI-RADS가 추구하는 목표는 간영상의 해석에 있어 일관된 용어를 적용하고, 영상해석의 변동성 및 오류를 줄이고, 타과 주치의와의 소통을 원활하게 하며 간영상과 판독소견서의 질관리와 연구를 촉진하는 것 등이다. CT/MRI LI-RADS는 간전산화단층촬영(이하 CT)과 자기공명영상(이하 MRI)을 이용한 진단검사에 관한 전문가 의견을 바탕으로 2011년 처음으로 도입되었다. 이후 CT/MRI LI-RADS는 과학적근거가 축적됨에 따라

2013년, 2014년, 2017년 및 2018년에 개정되었다(Table 1). 가장 괄목한 만한 성과는, 2018년에 LI-RADS가 미국간학회(American Association for the Study of Liver Diseases; 이하 AASLD) 가이드라인에 간세포암종 진단기준으로서 통합되어 AASLD와 LI-RADS가 통일성을 갖추었다는 것이다(2, 3). LI-RADS 그룹의 적극적인 노력을 바탕으로 LI-RADS가 전 세계적으로 알려지고 활용도가 증가하고 있던 중에 2018년 버전의 개정은 하나의 분수령이 되었다. 최근 수년간 LI-RADS는 국제적으로 더욱 확산되어 관련된 연구들도 활발하게 진행되고 있다. LI-RADS는 3-4년 주기로 개정이 될 예정으로 2018년 버전이 가장 최근에 개정된 것이다. 이에 본 종설에서는 현시점에서 CT/MRI LI-RADS에 관련된 축적된 근거를 정리해 보고, 추후 발전 방향에 대해 기술하고자 한다.

LI-RADS의 영향: 표준화

LI-RADS 그룹은 그동안 산재되어 사용되던 다양한 간영상 관련 용어를 표준화하여 전 세계적으로 통일성을 가진 진단체계를 구축하려 노력해왔다(4). 특히 LI-RADS 대상 환자군이 아니더라도 간영상 보고에서 정립된 용어를 사용하도록 권장한다(5). 일관성 있는 간영상 보고를 위해 용어의 표준화가 필수적이고, 이를 기반으로 전 세계적으로 통용될 수 있는 연구 결과들이 도출 가능하며 메타분석 등을 통해 보다 높은 수준의 근거를 구축할 수 있기 때문이다. 또한 다기관, 다국적 연구를 위한 기반을 마련할 수 있다는 의의가 있다(3).

지난 수년간 LI-RADS의 영향으로 MRI를 통한 간세포암종 진단 관련 연구에 어떠한 변화 추이가 있었는지에 관해 체계적 문헌고찰이 보고되었다(6). 2011년부터 2019년까지 출판된 연구들에 대해 3년 간격으로 나누어서 분석하였을 때, LI-RADS 용어를 이용한 연구의 비율과 LI-RADS 진단기준을 이용한 연구의 비율이 시간 경과에 따라 유의하게 증가하는 추세를 보였다. 흥미롭게도, 북미에서 개발된 LI-RADS가 유럽과 아시아로 확산되어 LI-RADS에 대한 연구가 전 세계적으로 활발하게 이루어지는 추이를 확인할 수 있었다. 따라서, 전 세계적으로 간영상 보고의 표준화 시대가 시작되었다고 할 수 있다.

CT/MRI LI-RADS를 뒷받침하는 근거

CT/MRI LI-RADS는 크게 간세포암종 진단과 국소치료 후의 치료반응평가 부분으로 이루어져 있다. 최근 수년간 간세포암종 고위험군에서 LI-RADS의 CT 또는 MRI를 이용한 간세포암종의 진단능에 관해 많은 연구들이 이루어졌다. 여러 연구 결과들이 축적됨에 따라, 최근 이를 기반으로 한 진단메타분석 연구들도 활발히 진행되었다. 2014년 및 2017년 버전을 이용한 17개의 연구들을 취합하여 각 LI-RADS 범주에서 간세포암종의 비율을 분석한 연구에서는, LI-RADS 범주 1 (LI-RADS category 1; 이하 LR-1, 확실한 양성병변)에서 범주 5 (LR-5, 확실한 간세포암종)로 범주의 등급이 높아짐에 따라 간세포암종의 비율이 높았으며, LR-5범주의 94%가 간세포암종으로 높은 양성예측도를 보였다(7). 같은 연구에서 LR-4의 74%, LR-M (비특이적 악성 간병변)의 36%가 간세포암종이었고, LR-2 및 LR-3의 각 13%와 38%는 간세포암종으로 확인되어 무시할 수 없는 비율

Table 1. Major Changes in Recent LI-RADS Versions (3, 59, 60)

Version	LR-5 Diagnosis	LR-M Diagnosis	Major Features	AF	Comment
2014	10–19 mm observations with APHE and one major feature if there is $\geq 50\%$ diameter increase in ≤ 6 months (LR-5g), or if there is washout and visibility at surveillance ultrasound (LR-5us) 10–19 mm observations with APHE and \geq two additional major features ≥ 20 mm observations with APHE and \geq one additional major feature	Features favoring HCC vs. non-HCC malignancy	APHE, washout, capsule, threshold growth	AFs favoring malignancy or benignity Three new HBP AFs: HBP hypointensity and HBP hypointense rim favoring malignancy, HBP isointensity favoring benignity, HBP hyperintensity favoring neither malignancy nor benignity	Adoption of hepatobiliary contrast agent for MRI
2017	LR-5V modified into LR-TIV to encompass non-HCC malignancy with TIV LR-5g LR-5us 10–19 mm observations with non-rim APHE and \geq two additional major features ≥ 20 mm observations with non-rim APHE and \geq one additional major feature	Explicit criteria for LR-M	Refinement of major features: “non-rim” APHE, “non-peripheral” washout, “enhancing” capsule	Modified to be optionally used AFs favoring malignancy in general, favoring HCC in particular, or benignity. A new AF favoring malignancy: ultrasound visibility Distinctive rim renamed as nonenhancing capsule. HBP hyperintensity discarded	Introduction of treatment response algorithm in CT/MRI LI-RADS Introduction of CEUS LI-RADS for diagnosis and US LI-RADS for surveillance
2018	Elimination of LR-5g and LR-5us: 10–19 mm observations with non-rim APHE and non-peripheral washout or threshold growth enables LR-5 diagnosis		Refined definition of threshold growth: $\geq 50\%$ diameter increase in ≤ 6 months	Subthreshold growth: $\geq 100\%$ diameter increase in > 6 months, new observation ≥ 10 mm in ≤ 24 months	Unification with AASLD HCC clinical practice guidance

AASLD = American Association for the Study of Liver Diseases, AF = ancillary feature, APHE = arterial phase hyperenhancement, CEUS = contrast-enhanced ultrasound, HBP = hepatobiliary phase, HCC = hepatocellular carcinoma, LI-RADS = Liver Imaging Reporting and Data System, LR = LI-RADS, TIV = tumor in vein

이었다. 2017년 버전에 대한 14개의 연구들을 기반으로 한 메타분석에서는 LR-2의 4%, 그리고 LR-M의 22%만이 간세포암종으로, 이전 버전에 비해 각 범주에 대한 정의가 보다 명확해짐에 따라 진단능이 향상된 결과를 보였다(8). 2017년 버전의 메타분석에서 LR-5범주의 민감도와 특이도는 간세포암종에 대해 각각 67%와 92%이었고, 2018년 버전의 메타분석에서는 민감도 70%와 특이도 91%의 결과를 보였다(8, 9). 개인 내 직접비교가 이루어진 연구들을 대상으로 2017년 버전과 2018년 버전을 비교한 메타분석에서 두 버전의 민감도와 특이도는 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 하지만, 2018년 버전에서 10–19 mm 크기의 병변에서 간암감시초음파에서의 관찰 여부를 고려하지 않는 변화가 반영되어 민감도가 약간 향상된 추세였다(10). 특이도는 LI-RADS가 목표로 하는 100%에 가까운 것에는 못 미쳐 여전히 90%대 초반의 수준에 머물렀다. 이는 여러 연구 결과에서 제시된 바와 같이 간세포암종과 복합간세포담관암(combined hepatocellular-cholangiocellular carcinoma)과의 CT, MRI상 감별이 어려웠던 점이 그 원인 중 하나로 판단된다(Fig. 1) (11-13). 특히 LI-RADS 대상환자군에서 비침습적 영상진단은 한계가 존재할 수밖에 없다(14). 그럼에도 불구하고, LR-M 진단기준이 다소 복잡하여 간세포암종의 상당수가 LR-M 범주에 포함될 수 있기 때문에 여전히 개선의 여지가 있다.

최근 LI-RADS 그룹에서 CT 또는 MRI 관련 28개 이상의 연구를 대상으로 LI-RADS의 주 영상 소견(major features)에 대해 개별환자데이터 메타분석을 시행한 결과가 발표되었다(15). 이 연구

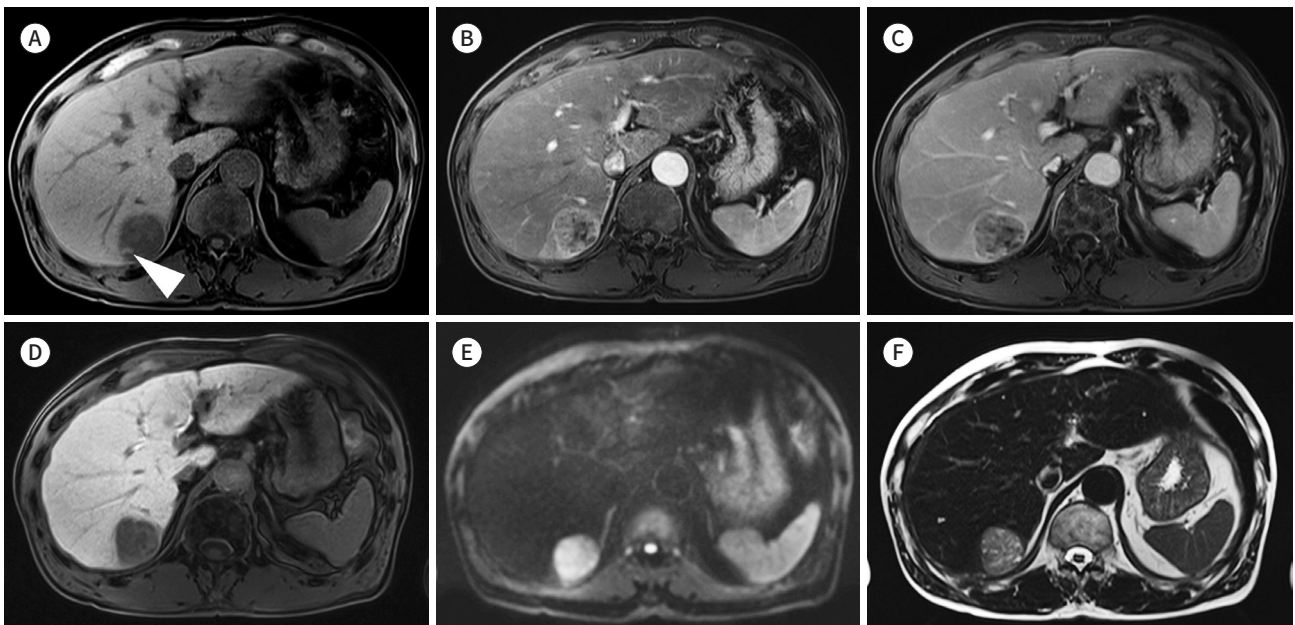
Fig. 1. Combined hepatocellular-cholangiocarcinoma with 70% hepatocellular carcinoma component categorized as LR-5 on preoperative gadoxetic acid-enhanced MR image in a 56-year-old male with chronic hepatitis B.

A. Axial T1-weighted fat-suppressed unenhanced MR image shows a 45-mm mass in the liver segment VII with blood product (arrow-head).

B, C. Axial T1-weighted fat-suppressed dynamic MR images show non-rim arterial phase hyperenhancement (**B**), in addition to non-peripheral washout and enhancing capsule in the portal venous phase (**C**), satisfying the LR-5 criteria.

D-F. The mass demonstrates no definite targetoid feature in hepatobiliary phase (**D**) or diffusion-weighted image (**E**) acquired at $b = 800$ sec/mm² and shows moderate hyperintensity on T2-weighted image (**F**).

LR-5 = LI-RADS category 5



에서 띠모양이 아닌(이하 non-rim) 동맥기 과조영증강(arterial phase hyperenhancement; 이하 APHE)과 씻김(washout)이 간세포암종 진단에 가장 중요한 주 영상 소견이었고, 그에 비해 조영증강피막(enhancing capsule)은 간세포암종과 약한 정도의 연관성을 보였으며, 역치이상성장(threshold growth)은 유의한 연관성이 없었다. 이전 연구에서도 조영증강피막은 간세포암종에서 비교적 드물게 관찰되지만 특이도는 주 영상 소견 중 가장 높은 수준이었고(8), 역치이상성장은 오히려 비간세포암 악성종양에서 더 흔하게 보여 특이도가 낮았다(16). 현재 기준으로는 10-19 mm 크기의 non-rim APHE를 보이는 병변에서 조영증강피막만으로는 LR-5 진단을 내릴 수 없는 것 외에는 주 영상 소견들이 동등한 비중을 가지므로, 이와 같은 연구 결과를 바탕으로 추후 주 영상 소견의 개선이 필요할 수 있겠다.

LI-RADS의 특징 중 하나는, 간영상 분석에 사용되는 다양한 보조 영상 소견(ancillary features)을 포괄적으로 진단에 활용하는 방법을 정의하고 있다는 점이다. 보조 영상 소견은 특히 MRI에서 다양하게 사용되는데, 이를 이용하여 LR-4 (간세포암종 가능성 높은 병변) 진단을 내릴 때 간세포암종에 대한 민감도를 높이면서 특이도를 유지하는데 도움을 줄 수 있다(17). 또한 LR-3 (악성도가 불분명한 병변)와 LR-4 병변에서 추후 악성병변으로 발전할 가능성을 세분화하는 데에 도움을 줄 가능성이 있고(18), 소나조이드초음파소견과 MRI 보조 영상 소견을 종합적으로 고려할 경우 LR-3와 LR-4 병변에서 간세포암종을 진단하는데 유용할 수 있다(19). 여러 연구들에서 간세포암종 진단에 중요도가 높았던 보조 영상 소견은, 악성 종양을 시사하는 보조 영상 소견 중 경도에서 중등도의 T2 고신호강도, 확산제한, 이행기(transitional phase) 저신호강도 및 간담도기(hepatobiliary phase) 저신호강도였다(18, 20, 21). 또한 간세포암종을 시사하는 보조 영상 소견 중 비조영증강피막 및 모자이크모양은 높은 특이도를 보이고 이를 적용할 경우 간세포암종에 대한 민감도가 향상되었다(22). 악성 종양임을 시사하는 보조 영상 소견들은 간세포암종 과거력이 있는 환자에서 재발암의 진단에도 중요한 역할을 하는 것으로 보고되었다(Fig. 2) (23). 주 영상 소견과 보조 영상 소견을 함께 고려하였을 때의 진단능에 관한 개별환자데이터 메타분석 결과는 향후 개정을 위한 근거를 제시할 수 있을 것이다.

CT/MRI LI-RADS를 통한 진단범주는 진단을 넘어 예후예측에 있어서도 그 역할이 주목되어 왔다(12, 24). 단일결절에 대해 수술적절제가 이루어진 간세포암종에서 수술 전 영상 소견이 LR-M으로 분류되는 것은 20% 이하였고 LR-4 또는 LR-5로 분류되는 경우에 비해 2년 내 조기재발이 흔하다고 보고되었다(Fig. 3) (25). 이 연구 결과는 수술적절제 후에 LR-M 간세포암종의 예후가 LR-5 간세포암종에 비해 좋지 않았다는 보고와 연관된다(24). 한편, 단일결절로 근치적수술을 받은 종괴형 성형간내담관암에서 수술 전 영상 소견이 LR-4 또는 LR-5로 분류되는 것이 20% 이하였고 LR-M으로 분류되는 경우에 비해 5년 무재발생존율이 유의하게 높았다. 이와 같은 보고들은, 단일결절 원발 간암종에서 병리학적인진단에 무관하게 LI-RADS 범주에 따라 수술 후 예후가 분류될 수 있다는 환자-대조군 연구 결과와도 비슷한 맥락이다(12). 이는 LR-M 기준에 불량한 예후를 시사하는 것으로 보고된 영상 소견들이 포함되어 있고, 이들이 불량한 예후를 시사하는 병리학적인 소견과도 밀접하게 연관되어 있기 때문으로 해석된다. 밀란 기준(Milan criteria) 내에 있는 간세포암종에 대해 간이식을 받은 환자군에서도 적어도 한 개 이상의 결절이 LR-M 소견을 보인 경우 이식후재발과 유의한

Fig. 2. Recurrent sub-centimeter HCC categorized as LR-4 attributable to ancillary features favoring malignancy in a 67-year-old male with previous history of HCC and hepatitis B virus infection.

A-D. Gadoxetic acid-enhanced magnetic resonance imaging depicts a 6-mm nodule in right hepatic dome (arrows) with non-rim arterial phase hyperenhancement (**A**), and ancillary features favoring malignancy, including corona enhancement in portal venous phase (**B**), hepatobiliary phase hypointensity (**C**), and restricted diffusion (**D**).

E. Arterial phase computed tomography image shows a threshold growth to 14 mm (arrow), satisfying the LR-5 criteria.

HCC = hepatocellular carcinoma, LR-4 = LI-RADS category 4, LR-5 = LI-RADS category 5

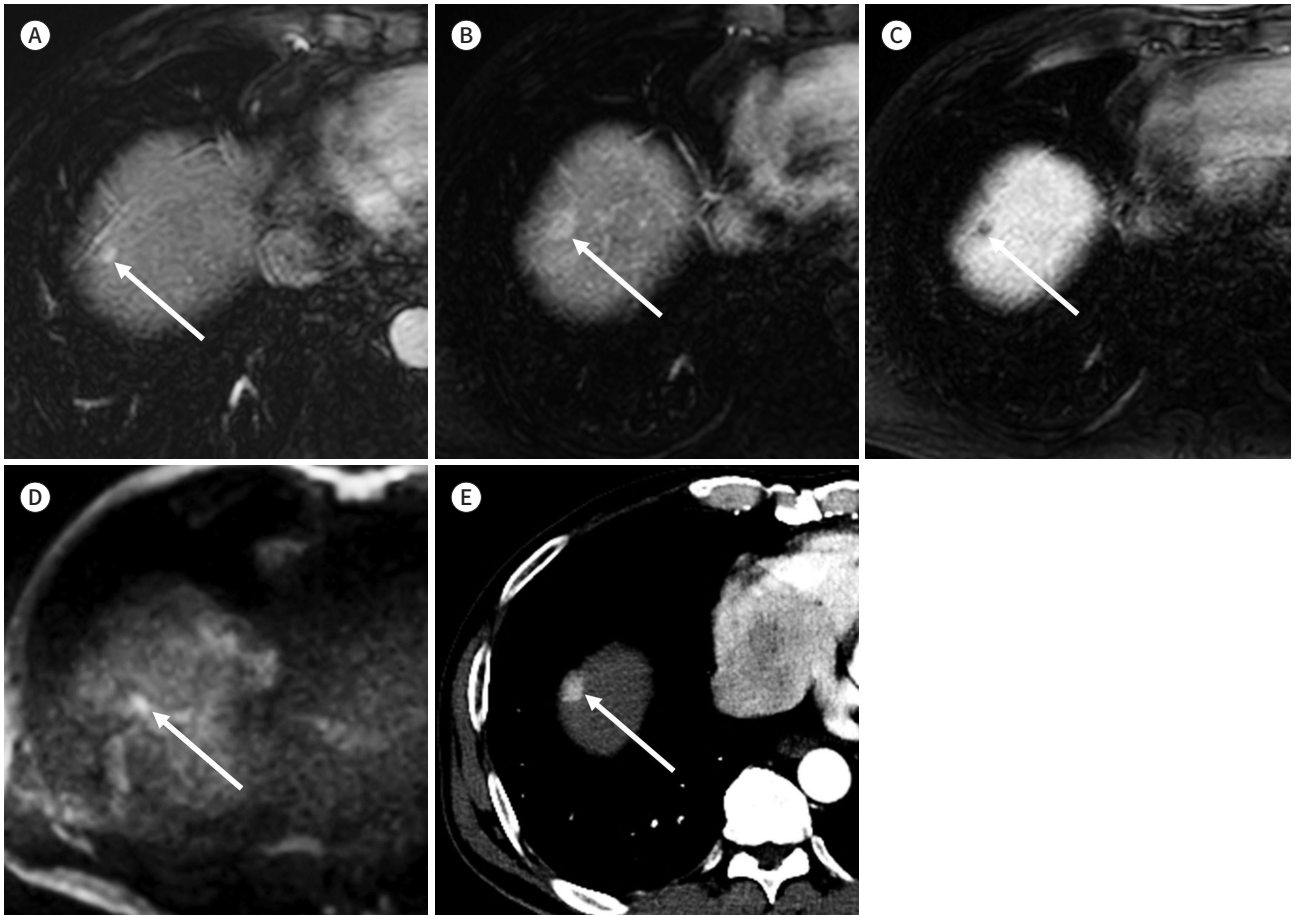
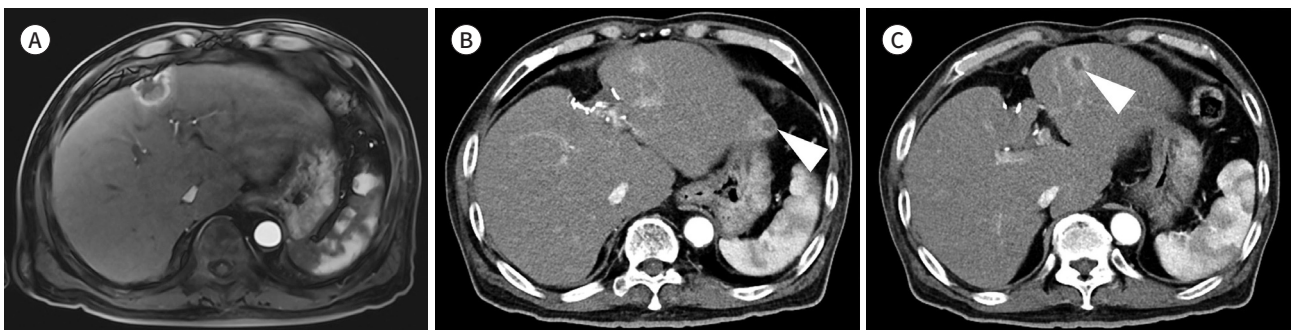


Fig. 3. Early postoperative recurrence in a 68-year-old male with LR-M hepatocellular carcinoma.

A. T1-weighted fat-suppressed extracellular contrast-enhanced MR image shows a 36-mm mass in the liver segment IV with rim arterial phase hyperenhancement, satisfying the LR-M criteria.

B, C. Three-month postoperative follow-up CT reveals intrahepatic recurrence (arrowheads) in the liver segments II (**B**) and III (**C**).

LR = LI-RADS



관련성을 보였다(26). 이와 같이 LR-M 범주가 불량한 예후를 시사함에 따라 국소치료 또는 전신항암치료 후 예후예측에 있어서 치료 전 종양의 LI-RADS 범주의 의미에 관한 연구가 기대된다.

CT/MRI LI-RADS를 이용한 간세포암종의 국소치료 후의 치료반응평가 관련 연구들도 최근 활발하게 진행되었다. LI-RADS 치료반응(LI-RADS treatment response; 이하 LR-TR) 생존범주(LR-TR viable category)는 여러 국소치료법을 포함한 메타분석 결과들에서 60% 정도의 중등도 민감도와 90%가량의 높은 특이도를 보였고, 경피적방사선색전술 후 치료반응평가에서도 높은 성능을 보였다(27-30). LR-TR 생존범주에 대한 기준이 되는 APHE는 가장 민감도가 높은 영상 소견이었고, 찌김은 APHE에 비해 민감도가 낮지만, 특이도가 높아 의미 있는 영상 소견으로 간주되었으며, 치료 전과 비슷한 조영증강양상은 APHE 또는 찌김과 공존하는 경우가 많아 그 자체로서의 진단능에는 제한점이 있었다(27, 31). APHE의 평가가 LR-TR 생존범주 판단에 있어서 가장 중요하므로, 치료 후 괴사로 인해 MRI에서 자체적으로 높은 T1 신호강도를 보이는 경우 등에 동맥기감산영상을 참고하는 것이 유용할 수 있다(32).

LR-TR 생존범주에 추가하여 LR-TR 미확정범주(LR-TR equivocal category)까지 잔존간세포암이 있다고 판단하는 기준으로 삼으면 민감도가 70%가량으로 향상될 수 있으나 특이도의 저하가 동반되었다(29). 이에 MRI 보조 영상 소견을 함께 고려하면 잔존간세포암 진단의 민감도를 향상시킬 수 있다는 보고들이 있었다(Fig. 4) (31, 33, 34). 체외방사선치료 이후에는 치료반응평가가 치료 후 시점에 따라 변할 수 있고 다른 국소치료에 비해 정확한 평가가 어려울 수 있으므로, 체외방사선치료를 받은 간세포암종에 초점을 맞추어 LR-TR 범주의 성능에 관한 후속 연구들이 필요하겠다. 또한, 앞서 언급된 연구들이 수술병리를 참고표준으로 삼아 진행된 만큼 선택비뚤림(selection bias)이 개입되었을 수 있으므로 이를 감안하여 해석할 필요가 있다.

타 간세포암종 진단 가이드라인들과의 비교

간 병변에 대한 병리학적인 진단이 항상 가능한 것이 아니기 때문에 간세포암종의 정확한 영상 진단은 아무리 강조해도 지나치지 않다. 현재 전 세계적으로 간세포암종 진단에 대한 다양한 국제적 기준이 있는데(Table 2), 이는 간세포암종의 역학 및 치료 방법이 지리적으로 다르기 때문이다. 아시아 국가에서는 가독세틱산(gadoxetic acid)을 간담도기 MRI 조영제(hepatobiliary contrast agent; 이하 HBA)로 널리 사용하고 있는데, 이는 간세포암종이 전형적인 조영증강양상을 보이기 전에 민감하게 진단해내기 위함이다. 아시아 국가에서는 간세포암종에 대해 영상유도소작술, 수술적절제와 같은 근치적치료방법이 흔히 고려되기 때문에 조기진단이 필수적이고 간담도기 조영제가 이와 같은 치료방침결정에 도움을 줄 수 있다. 한편 서구에서는 사망한 기증자의 간을 이식하는 것이 중요한 근치적 치료방법이므로, 최적의 간이식후보를 찾기 위해 100%에 가까운 진단적 특이도가 요구된다. 따라서 서양과 아시아 국가의 간세포암종 진단가이드라인은 치료방침을 반영하여 진단기준에도 차이가 있다.

유럽간학회(European Association for the Study of the Liver; 이하 EASL)와 LI-RADS는 2018년과 2014년에 각각 HBA-MRI를 도입했고, 세포외조영제(extracellular contrast agent; 이하

Fig. 4. Small viable HCC after TACE in a 78-year-old male.

A. Arterial phase gadoteric acid-enhanced MR image before TACE shows a 12-mm nodule (arrowhead) in the liver segment VI.
B, C. Gadoteric acid-enhanced MR imaging performed three years after TACE shows arterial phase hyperenhancement (**B**), but no definite washout in the portal venous phase (**C**) at the margin of the post-TACE lesion (arrows).
D-G. Ancillary features favoring malignancy, such as hypointensities in the transitional phase (**D**) and HBP (**E**), restricted diffusion (**F**), and mild hyperintensity on T2-weighted image (**G**), support the viability of the post-TACE lesion (arrows).
H. Unenhanced post-TACE CT image shows compact Lipiodol deposition (arrow) in that area.
 HBP = hepatobiliary phase, HCC = hepatocellular carcinoma, TACE = transarterial chemoembolization

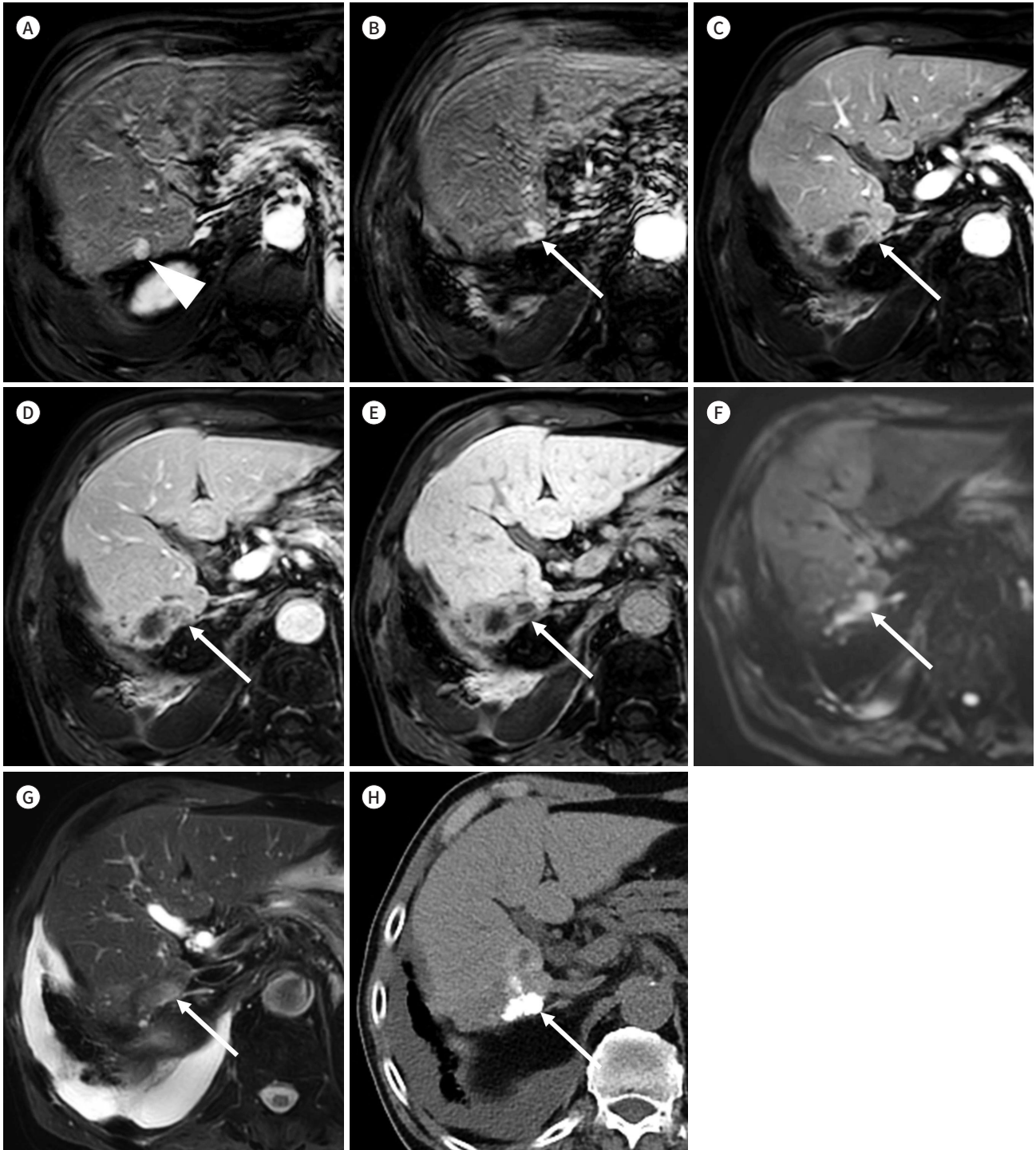


Table 2. Summary of Major International Guidelines for Non-Invasive Diagnosis of HCC (2, 35-37)

	LI-RADS 2018	EASL 2018	KLCA-NCC 2018	APASL 2017
Target population	Chronic hepatitis B, liver cirrhosis, current or prior HCC	Liver cirrhosis	Chronic hepatitis B, chronic hepatitis C, or liver cirrhosis	Chronic hepatitis B, chronic hepatitis C, or liver cirrhosis
Primary imaging modality	CT, MRI with ECA or HBA, CEUS with purely intravascular agent	CT, MRI with ECA or HBA	CT, MRI with ECA or HBA	CT, MRI with ECA or HBA
APHE	Non-rim	Non-rim	Non-rim	Non-rim or rim
Washout	PVP, DP	PVP, DP	PVP, DP, TP, HBP	PVP, DP, HBP
Threshold growth	Major feature	No	Ancillary feature favoring malignancy	No
Ancillary features	Yes	No	Yes	No
Exclusion criteria	LR-TIV, LR-M, LR-1, LR-2	Rim APHE	Targetoid on contrast-enhanced or diffusion-weighted imaging, bright T2 signal intensity	Hemangioma
Noninvasive criteria for HCC diagnosis	LR-5 in Table 1	≥ 1 cm nodule detected on screening or surveillance: APHE and washout Second line CEUS: APHE and mild and late washout using purely intravascular agent	≥ 1 cm nodule detected on screening or surveillance: APHE and washout Second line CEUS: APHE and mild and late washout using purely intravascular agent	Nodule detected on screening or surveillance: APHE and washout Second line CEUS (HBP hypointensity without APHE): APHE and Kupffer phase defect using Sonazoid

APASL = Asian Pacific Association for the Study of the Liver, APHE = arterial phase hyperenhancement, CEUS = contrast-enhanced ultrasound, DP = delayed phase, EASL = European Association for the Study of the Liver, ECA = extracellular contrast agent, HBA = hepatobiliary contrast agent, HBP = hepatobiliary phase, HCC = hepatocellular carcinoma, KLCA-NCC = Korean Liver Cancer Association-National Cancer Center, LI-RADS = Liver Imaging Reporting and Data System, LR = LI-RADS, PVP = portal venous phase, TIV = tumor in vein, TP = transitional phase

ECA)를 이용한 CT 또는 MRI를 위해 개발된 기존 체계를 HBA-MRI에 적용했다(1, 35). 이에 반해 아시아태평양간학회(Asian Pacific Association for the Study of the Liver; 이하 APASL)와 대한간암학회-국립암센터 한국가이드라인(Korean Liver Cancer Association-National Cancer Center Korea practice guidelines; KLCA-NCC)은 HBA-MRI를 이용해 최대한 민감한 진단을 추구하고 있다(36, 37). EASL은 LI-RADS와 달리 간세포암종의 병리형태학적인 특성을 반영하는 영상 소견은 배제하고 전형적인 조영증강 양상만을 진단기준으로 삼고 있다. 간세포암종 진단기준에 있어 동서양 간에 가장 두드러지는 차이는, EASL과 LI-RADS는 HBA-MRI에서 비간세포암종병변의 가성씻김으로 인한 위양성진단을 막기 위해 HBA-MRI의 문맥기에서만 씻김을 평가하도록 엄격하게 제한하고 있다는 점이다(38). LI-RADS에는 비간세포암종병변을 제외하기 위한 LR-M, LR-1, LR-2 (양성 가능성 높은 병변) 등의 배제기준이 다양하게 구축되어 있음에도 불구하고, 씻김의 평가 시점을 이렇게 문맥기로 제한하는 것이 HBA-MRI에서 간세포암종에 대한 민감도를 떨어뜨리는 문제점이 있다는 보고들이 있다(39, 40). 반면, APASL에서는 크기 제한 없이 10 mm 미만 크기의 병변에 대해서도 간세포암종 진단이 가능하며, 간담도기 저신호강도 또한 씻김으로 간주하는 한편, 혈관종은 간담도기 저신호강도를 보이더라도 간담도기 외 다른 펄스연쇄 또는 다른 영

상검사를 통해 HBA-MRI에서 배제하도록 한다. 특징적으로, APASL에서는 CT나 HBA-MRI에서 APHE가 없는 병변에 대해서도 2차영상검사로 소나조이드초음파에서 APHE 또는 쿠퍼기결손(Kupffer phase defect)이 관찰되면 간세포암종을 진단할 수 있도록 한다. 한국가이드라인에서는 간세포암종의 찌김을 문맥기뿐만 아니라, HBA-MRI의 이행기 또는 간담도기에서도 평가가 가능하다. 또한 2018년 한국가이드라인에서는 병변이 악성종양을 시사하는 보조 영상 소견과 간세포암종을 시사하는 보조 영상 소견을 모두 만족하는 경우, 간세포암종의 진단이 가능하다. 간세포암종 또는 간세포암종의 진단에 있어서, 혈관종 및 비간세포암 악성종양을 배제하기 위해 현저한 T2 고신호강도를 가지는 병변 또는 표적모양의 병변은 제외하도록 한다. 한국가이드라인은 가장 최근 버전에서 순수혈관내조영제 또는 소나조이드조영제를 이용한 2차영상검사로서의 조영증강초음파(contrast-enhanced US; 이하 CEUS)의 사용을 허용하는데, 이는 간세포암종 진단의 민감도를 높이기 위한 방안이다.

LI-RADS와 EASL의 비교

EASL 2018과 LI-RADS 2018을 비교한 연구에서, ECA-MRI에서 LR-5가 EASL보다 민감도가 높았다(79% vs. 72%) (41). 이는 APHE와 찌김만을 간세포암종 진단에 사용하는 EASL과 달리 LI-RADS에서는 APHE이 있는 병변에서 찌김이 없더라도 역치이상성장, 또는 2 cm 이상 크기의 병변에서 조영증강피막이 있을 경우 LR-5로 진단이 가능하기 때문이다. 특이도의 경우 전체 병변에서나(90% vs. 85%), 2 cm 이상 크기의 병변에서나(96% vs. 88%), 통계학적으로 유의한 차이를 보이지는 않았지만 LR-5의 기준이 특이도가 높은 경향을 보였다. 이는 EASL에서는 APHE에 있어 띠모양(이하 rim) APHE를 배제하는 것 외에 간세포암종 진단에 있어 배제기준이 명시되어 있지 않은 반면, LI-RADS에서는 LR-M, LR-1, LR-2 등의 다양한 배제기준이 정의되어 있기 때문으로 생각된다. HBA-MRI에서는 두 기준에 유의한 차이를 보이지 않았고 민감도가 두 기준 모두 68%에 머물러, 96%–98%의 높은 특이도에 미치지 못했다. 다른 연구자들에 의한 후속 연구에서는 ECA-MRI와 HBA-MRI를 모두 시행한 전향적수술코호트에서 두 진단기준의 개인 내 직접비교가 이루어졌다(42). LI-RADS가 적용 가능한 환자군에서 간세포암종 진단에 대한 민감도는 높은 순서대로 ECA-MRI에서 LR-5 (81%), ECA-MRI에서 EASL (76%), HBA-MRI에서 LR-5 (67%), HBA-MRI에서 EASL (63%)의 순이었고, 각각의 비교에서 모두 유의한 통계학적인 차이를 보였다(Fig. 5). 한편, EASL의 권고에 맞게 간경변 환자군에 한정하여 같은 비교를 하였을 때, ECA-MRI에서 LR-5와 EASL의 민감도는 비슷했고(각 83% 및 80%), HBA-MRI에서의 민감도(각 65% 및 63%)에 비해 높았다. 저자들은 ECA-MRI에서 주 영상 소견들이 더 잘 시각화(visualization)되었기 때문에 MRI 조영제에 따라 간세포암종의 비침습적진단능이 다를 수 있으며, EASL 기준이 간경변이 있는 환자군에 적용되어야 한다고 강조했다.

LI-RADS와 한국가이드라인의 비교

한국가이드라인 2018과 LI-RADS 2018을 비교한 연구에서, 한국가이드라인을 이용한 간세포암종 진단(definite HCC)은 LR-5에 비해 민감도가 유의하게 높았는데(79% vs. 68%) 이는 HBA-

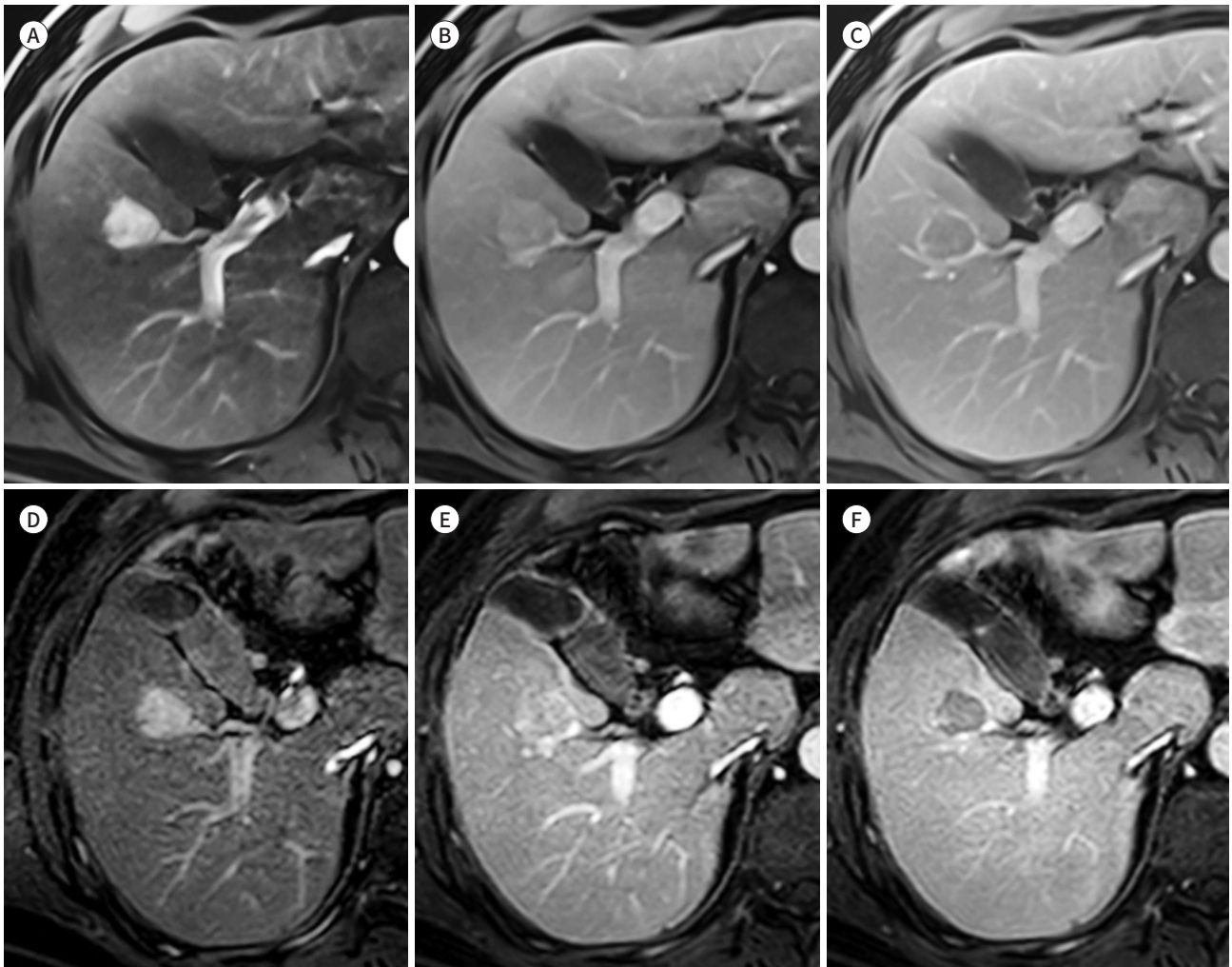
Fig. 5. LR-5 diagnosis of hepatocellular carcinoma using liver imaging reporting and data system only on ECA-MRI in a 59-year-old male with chronic hepatitis B.

A-C. Axial T1-weighted fat-suppressed ECA-MRI shows non-rim APHE (**A**), but no washout in the portal venous phase (**B**) or delayed phase (**C**) in a 20-mm hepatic nodule; the delayed phase image (**C**) depicts an enhancing capsule (**C**), enabling the diagnosis of LR-5.

D, E. Axial T1-weighted fat-suppressed gadoxetic acid-enhanced MR images show non-rim APHE (**D**), but no washout or enhancing capsule in the portal venous phase (**E**).

F. Enhancing capsule is not clearly demonstrated in the transitional phase as well, and LR-5 category cannot be assigned to this mass on gadoxetic acid-enhanced MRI.

APHE = arterial phase hyperenhancement, ECA = extracellular contrast agent, LR-5 = LI-RADS category 5



MRI에서 씻김에 대해 확장된 정의를 사용하는 것에 기인한다(43). 한국가이드라인에서도 배제기준을 적용하고 있기 때문에 두 기준의 간세포암종에 대한 특이도는 유사했다. ECA-MRI를 사용한 환자에서는 두 기준의 진단능이 비슷했다. 한국가이드라인에서 간세포암종의증 진단(probable HCC)은 LI-RADS에서의 LR-4와 비슷한 개념인데, 2018년 버전에서 악성을 시사하는 보조 영상 소견 중 적어도 1개 이상과 간세포암종을 시사하는 보조 영상 소견 중 적어도 1개 이상을 만족하여야 하기 때문에, 악성을 시사하는 보조 영상 소견을 하나만 가지고 있어도 LR-4 진단이 가능한 것에 비해 그 진단기준이 더 엄격하다. 이를 반영하는 결과로써 한국가이드라인에서의 간세포암종 또는 간세포암종의증 진단을 LI-RADS의 LR-4 또는 LR-5 진단과 비교했을 때, LR-4 또는 LR-5

의 특이도가 특히 10–19 mm 병변에서 더 낮은 것을 제외하고는 유사했다. 반면, HBA-MRI에서 보다 많은 수의 병변을 대상으로 한 후속 연구에서는, 한국가이드라인을 이용한 간세포암종 진단의 민감도는 LR-5의 민감도에 비해 높았지만(87% vs. 81%) 특이도에 있어서 통계학적으로 유의하게 더 낮은 결과를 보였다(86% vs. 91%) (44). 비록 찻김의 확장된 정의를 사용함에 따라 더 민감하게 간세포암종을 진단할 수 있었지만, 적은 수의 비간세포암 악성종양뿐만 아니라(Fig. 6), 현저한 T2 고신호강도를 보이지 않는 작은 혈관종이 간세포암종으로 진단되는 경우가 발생하였기 때문이다(Fig. 7). 각 기준에 따라 LR-M 병변이 제외되는 수와, 표적모양의 병변이 제외되는 수는 동일하였기 때문에 LR-M 기준에서 표적모양에 관련된 영상 소견들이 주된 제외기준으로 사용된

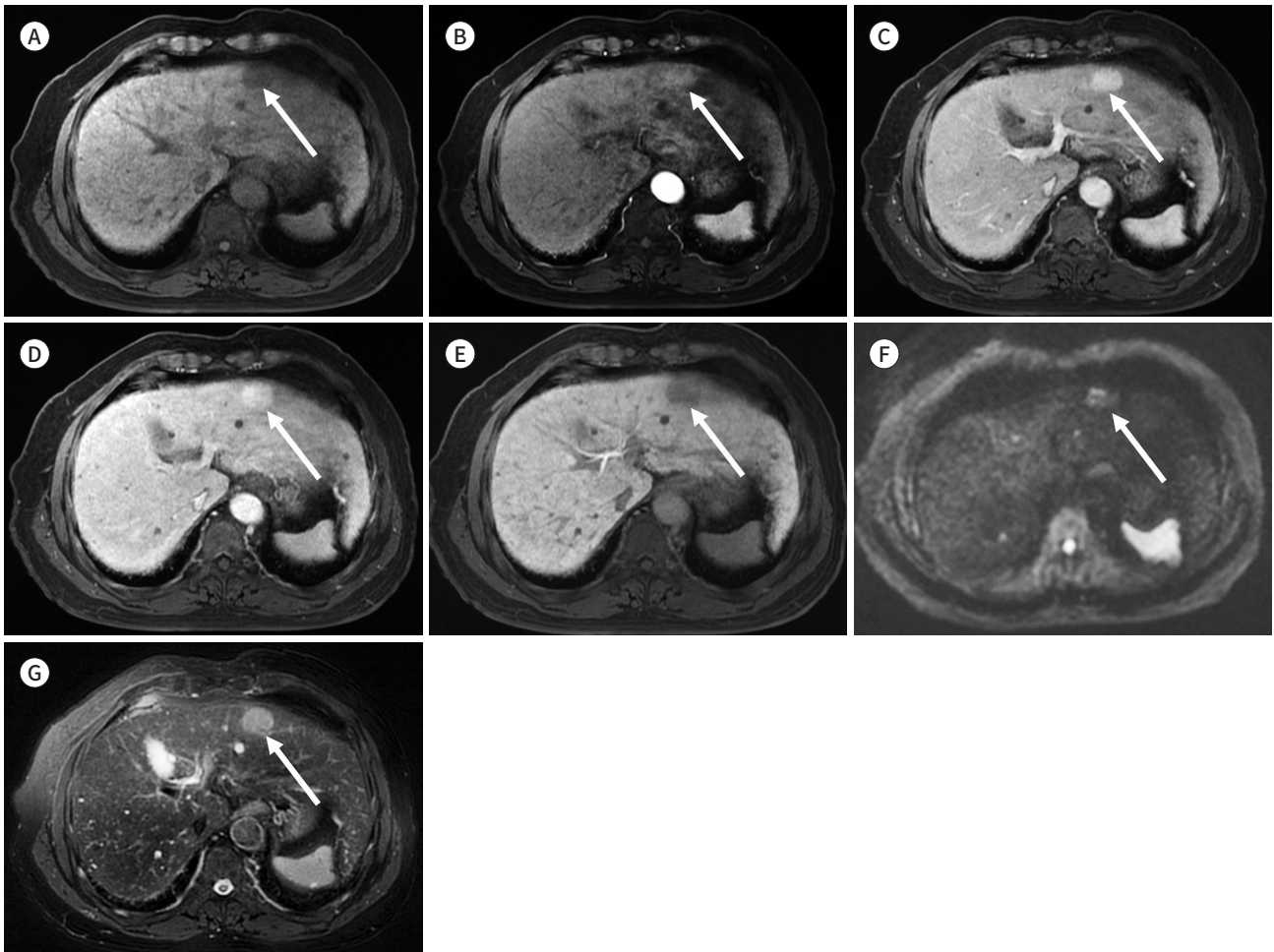
Fig. 6. Diagnosis of definite HCC using KLCA-NCC, and LR-4 using LI-RADS for intrahepatic cholangiocarcinoma in a 72-year-old male with chronic hepatitis B.

A. Axial T1-weighted fat-suppressed unenhanced MR image shows a 28-mm mass in the liver segment III (arrow).

B-E. Axial T1-weighted fat-suppressed dynamic MR images show non-rim APHE (**B**), persistent hyperintensities in the portal venous phase (**C**) and transitional phase (**D**), and hypointensity in HBP (**E**) (arrows), satisfying the definite HCC criteria of KLCA-NCC but not achieving the LR-5 criteria.

F, G. The mass demonstrates no definite targetoid feature in diffusion-weighted image (**F**) acquired at $b = 800 \text{ sec/mm}^2$ and shows moderate hyperintensity on T2-weighted image (**G**) (arrows).

APHE = arterial phase hyperenhancement, HBP = hepatobiliary phase, HCC = hepatocellular carcinoma, KLCA-NCC = Korean Liver Cancer Association-National Cancer Center, LI-RADS = Liver Imaging Reporting and Data System, LR-4 = LI-RADS category 4, LR-5 = LI-RADS category 5



다고 볼 수 있겠다.

LI-RADS는 판독자가 마주하는 모든 병변을 아우르는 진단기준을 마련하기 위해 고안된 반면, 한국가이드라인에서는 간세포암종의 진단에 대해 확진과 의증으로 가능성을 구분하고 두 진단을 만족하지 않으면 모두 미확정결절(indeterminate nodule)로 분류하기 때문에, LI-RADS와 달리 다수의 양성병변이 미확정결절로 분류되는 것도 하나의 제한점이었다. 앞서 기술하였듯, 간세포암종의 진단 기준은 엄격한 편이라 이 연구에서 비간세포암 악성종양으로 인한 위양성진단의 증례는 없었다(44). 한국가이드라인에서의 간세포암종 또는 간세포암종의 진단능은 LI-RADS에서 LR-4 또는 LR-5 진단능과 유사하였다.

HBA-MRI에서 LI-RADS와 APASL, EASL, 한국가이드라인 비교

최근 HBA-MRI에서 APASL, 한국가이드라인 2018, EASL 2018 및 LI-RADS 2018의 진단능을

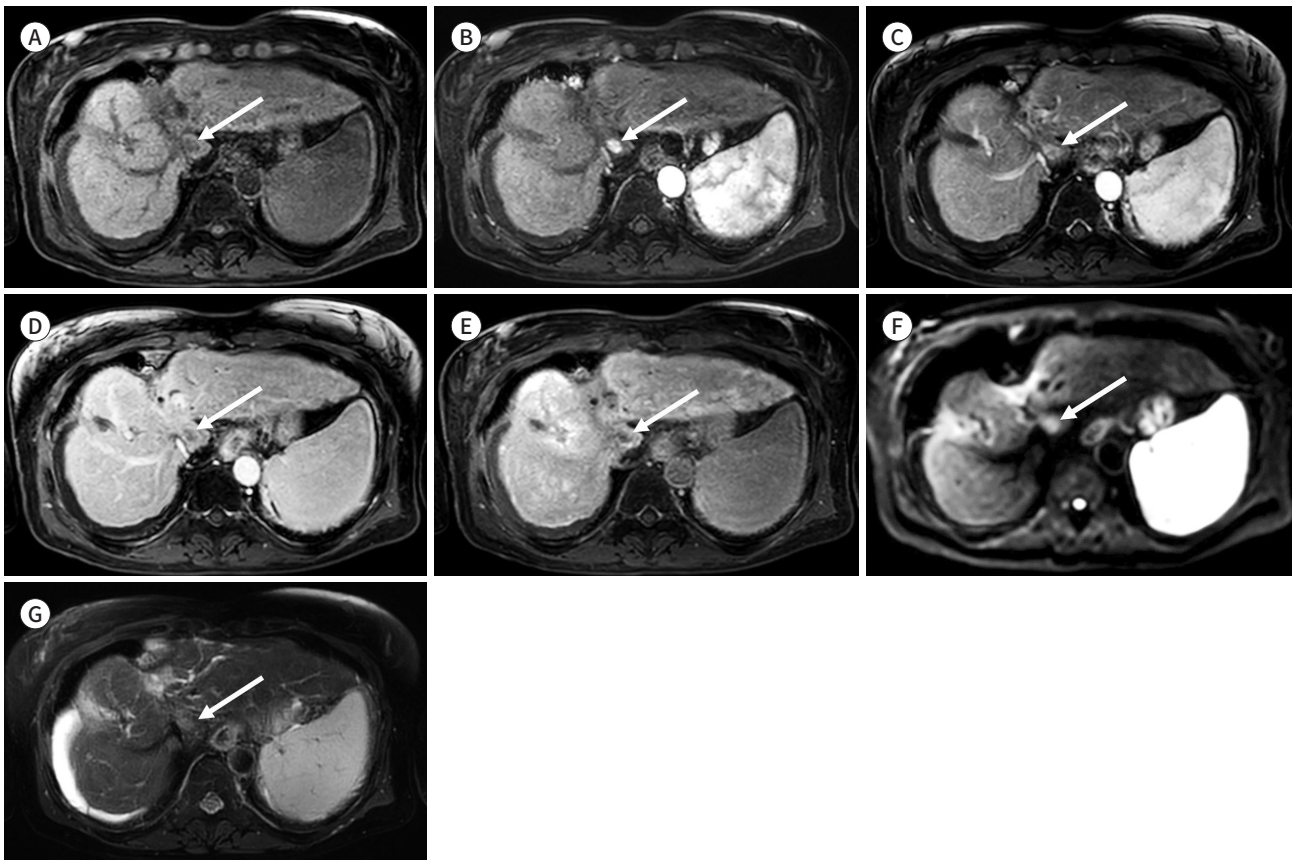
Fig. 7. Diagnosis of definite HCC using KLCA-NCC, and LR-4 using LI-RADS for hemangioma that is pathologically proven after liver transplantation in a 60-year-old female with previous history of HCC and hepatitis B virus infection.

A. Axial T1-weighted fat-suppressed unenhanced MR image shows a 10-mm nodule in the liver segment I (arrow).

B-E. Axial T1-weighted fat-suppressed dynamic MR images show non-rim APHE (**B**), no washout in the portal venous phase (**C**), but hypointensities in the transitional phase (**D**) and HBP (**E**) (arrows), satisfying the definite HCC criteria of KLCA-NCC but not the LR-5 criteria.

F, G. The nodule demonstrates no definite targetoid feature in diffusion-weighted image (**F**) acquired at $b = 800 \text{ sec/mm}^2$ and shows only mild hyperintensity on T2-weighted image (**G**) (arrows).

APHE = arterial phase hyperenhancement, HBP = hepatobiliary phase, HCC = hepatocellular carcinoma, KLCA-NCC = Korean Liver Cancer Association-National Cancer Center, LR-4 = LI-RADS category 4, LR-5 = LI-RADS category 5



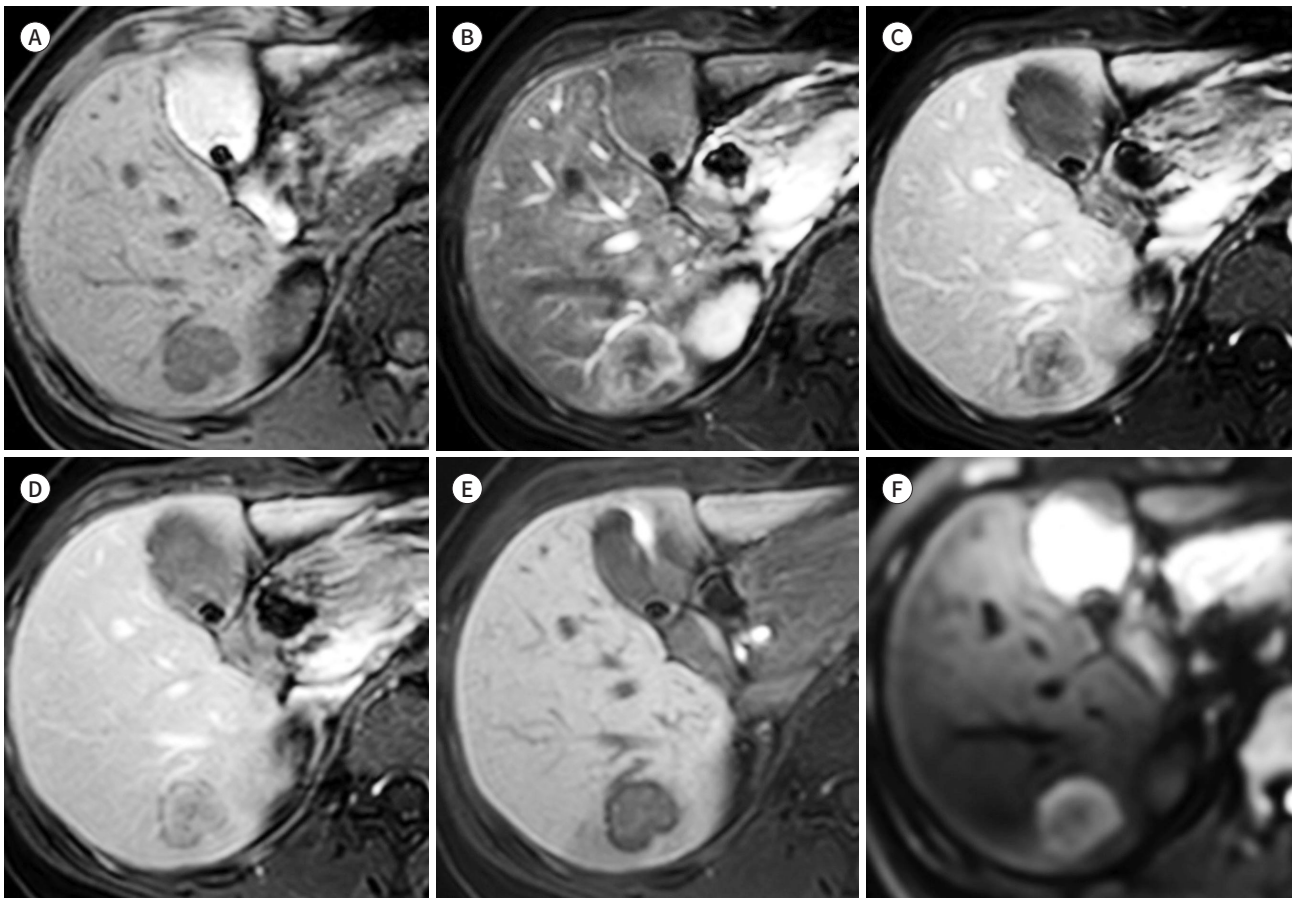
비교한 연구들이 진행되었는데, 대체로 비슷한 경향성을 보였다(45-48). HBA-MRI에서 EASL과 LI-RADS의 민감도는 엄격한 씻김기준으로 인해 제한적이었고, 연구에 따라 EASL의 민감도가 LI-RADS에 비해서도 유의하게 낮았다(47). APASL은 크기 제한이 없고, 씻김이 간담도기까지 허용되며, 제외기준에서 혈관종만을 고려하므로 LR-5보다 유의하게 특이도가 낮았다. 한국가이드라인의 특이도는 APASL과 비슷하거나, EASL 또는 LI-RADS에 비해서는 낮은 경향성을 보이거나 연구에 따라 APASL에 비해서는 유의하게 높았다(47). Rim APHE를 보이는 간세포암종이 실제로 혼합에도 불구하고 이것을 간세포암종으로 진단해 낼 수 있는 것은 APASL 기준뿐이므로, LI-RADS 등에서의 간세포암종에 대한 민감도를 떨어뜨리는 원인 중 하나가 될 수 있다(Fig. 8) (48). 상기한 연구들을 포함하여 시행된 메타분석에 따르면, LR-5는 EASL과 마찬가지로 한국가이드라인에 비해 유의하게 높은 특이도와 낮은 민감도를 보였다(49).

Fig. 8. LR-M diagnosis of hepatocellular carcinoma using liver imaging reporting and data system in a 32-year-old female with chronic hepatitis B.

A. Axial T1-weighted fat-suppressed unenhanced MR image shows a 27-mm mass in the liver segment VI.

B-F. Axial T1-weighted fat-suppressed dynamic MR images show rim arterial phase hyperenhancement (**B**), peripheral washout in the portal venous phase (**C**), targetoid appearances in transitional phase (**D**) and hepatobiliary phase (**E**), as well as targetoid restriction (**F**) on diffusion-weighted image acquired at $b = 800 \text{ sec/mm}^2$.

LR = LI-RADS



추후 발전방향

앞서 기술한 바와 같이, LI-RADS는 HBA-MRI에서의 진단능이 제한적이다. 그럼에도 불구하고 간세포암종 진단에 있어 높은 특이도가 필요한 환경에서 고안된 기준인 만큼, 민감도 향상에는 다소 소극적인 경향을 보였다. 이용자가 추구하는 목적에 따라 LR-5뿐만 아니라 LR-4 등을 간세포암종으로 간주하는 등의 방법이 가능하겠지만, 최적화된 방법이라 보기는 어렵다. 따라서 HBA-MRI에서의 진단능향상을 위해서는 MRI 조영제별 진단기준이 별도로 제시될 필요가 있다. 이러한 맥락에서 최근 연구 결과들을 소개하고자 한다.

HBA-MRI에 LI-RADS를 적용할 때에 10 mm 이상 크기의 APHE가 있는 병변에 대해 APHE 외에 씻김을 포함한 주 영상 소견을 보이지 않는 경우 이행기씻김을 인정하면 유의하게 민감도를 높이면서도 특이도에 손실이 없었다는 보고가 있었다(50). 다만 이 연구에서는 양성병변만을 가지는 환자를 제외하였기 때문에 양성병변으로 인한 위양성진단의 가능성이 실제 환경에 비해 낮았다는 한계가 있다. 그럼에도 불구하고, 이 전략은 모든 병변에서 씻김의 정의를 확장하는 것에 비해 완급이 조절된 방법일 수 있으며, 실제 사용이 용이하다는 장점이 있다.

앞서 지적하였던 것처럼, LR-M 제외기준을 만족하는 간세포암종에 대한 진단기준을 개선하면 간세포암종에 대해 보다 민감한 진단이 가능해질 것이다. 최근 연구에 따르면, 다양한 LR-M 제외 기준 중 중요한 것은 rim APHE, 지연기 중앙부조영증강(delayed central enhancement), 표적모양의 확산제한(targetoid restriction), 표적모양의 이행기 또는 간담도기 조영증강의 네 가지였다(51). 이 중 2개 이상을 만족하는 경우에만 제외기준을 적용하였더니 LR-5의 민감도가 유의하게 상승되었다. 이는 LR-M 기준을 만족함에도 불구하고 LR-5기준을 만족하는 병변을 LR-5로 분류하였을 때 간세포암종에 대한 민감도 및 정확도 상승이 가능하다는 기존 연구 결과와 일치하였다(11).

LI-RADS에서는 순수혈관내조영제를 이용한 CEUS를 간세포암종 진단에 단독으로 사용할 수 있다(52). 이것은 CEUS를 2차영상검사로 권고하는 EASL 또는 한국가이드라인과의 차이점이다. HBA-MRI에서의 제한적인 민감도를 보완하기 위해 2차영상검사로써 CEUS가 유용할 수 있다는 연구 결과가 있었다(19, 53). CEUS는 중등도의 민감도를 갖지만 특이도가 높기 때문에(54), 2차영상검사로 적용하였을 때 특이도의 저하 없이 민감도를 상승시킬 수 있었다. CEUS LI-RADS에서는 소나조이드의 사용이 허용되지 않지만, HBA-MRI에 대한 2차영상검사로써 소나조이드초음파를 사용하였을 경우에는 LR-3 또는 LR-4 병변에서 높은 특이도로 간세포암종 진단이 가능했다(19). 간담도기 저신호강도에 비해 쿠퍼기결손이 간암발생과정에서 더 진행된 간세포암종에 대해 특이적이므로 소나조이드초음파는 간세포암종 진단에 부가적인 정보를 줄 수 있으며(55, 56), 실시간 영상 및 재주입 후 결합-재관류영상을 이용해 APHE를 포착하는 데에도 도움이 될 수 있다(57). 이러한 소나조이드의 장점을 이용하기 위하여 소나조이드초음파를 CEUS LI-RADS에 추가하거나, CT/MRI LI-RADS에 부가적인 2차영상검사로써 도입을 고려할 수 있다(58).

결론

본 종설에서는 현시점에서 CT/MRI LI-RADS에 대해 축적된 증거를 정리해 보았다. CT/MRI LI-RADS 분류에 따라 간세포암종에 대한 가능성이 세분화될 수 있으며, 메타분석에서 2018년 버전의 LR-5를 이용한 간세포암종의 진단능은 70%가량의 민감도와 90%가량의 특이도로 보고되었다. 여전히 진단능에 있어서 향상될 여지가 남아 있고, LR-M 기준, 주 영상 소견, 보조 영상 소견 등의 개정이 필요할 수 있다. CT/MRI LI-RADS를 통한 진단범주는 진단을 넘어 예후예측에 있어서도 그 역할이 주목되고 있으며, 주로 단일결절에 대한 수술후예후가 보고된 바 있어 기존 연구 결과들을 확장하기 위한 후속 연구들이 필요하다. CT/MRI LI-RADS를 이용한 간세포암종의 국소 치료 후의 치료반응평가에서 LR-TR 생존범주는 60%가량의 민감도와 90%가량의 높은 특이도를 보였고, APHE와 씻김이 가장 중요한 소견들이었다. 다른 간세포암종 진단가이드라인들과 비교하였을 때에 특히 HBA-MRI에서 LI-RADS의 장단점이 확인되었고, 진단능을 향상시키기 위해 개선이 필요할 수 있다. 여러 연구자들과 LI-RADS 그룹의 지속적인 노력을 바탕으로 LI-RADS가 더욱 발전하여 간세포암종의 진단과 치료방침 결정에 유용하게 사용되길 기대한다.

Author Contributions

Writing—original draft, K.Y.; and writing—review & editing, C.J.

Conflicts of Interest

The authors have no potential conflicts of interest to disclose.

Funding

None

REFERENCES

- Mitchell DG, Bruix J, Sherman M, Sirlin CB. LI-RADS (liver imaging reporting and data system): summary, discussion, and consensus of the LI-RADS management working group and future directions. *Hepatology* 2015;61:1056-1065
- Marrero JA, Kulik LM, Sirlin CB, Zhu AX, Finn RS, Abecassis MM, et al. Diagnosis, staging, and management of hepatocellular carcinoma: 2018 practice guidance by the American Association for the study of liver diseases. *Hepatology* 2018;68:723-750
- Chernyak V, Fowler KJ, Kamaya A, Kielar AZ, Elsayes KM, Bashir MR, et al. Liver imaging reporting and data system (LI-RADS) version 2018: imaging of hepatocellular carcinoma in at-risk patients. *Radiology* 2018; 289:816-830
- Tang A, Bashir MR, Corwin MT, Cruite I, Dietrich CF, Do RKG, et al. Evidence supporting LI-RADS major features for CT- and MR imaging-based diagnosis of hepatocellular carcinoma: a systematic review. *Radiology* 2018;286:29-48
- Chernyak V, Tang A, Do RKG, Kamaya A, Kono Y, Santillan CS, et al. Liver imaging: it is time to adopt standardized terminology. *Eur Radiol* 2022;32:6291-6301
- Ahn Y, Choi SH, Jang JK, Kim SY, Shim JH, Lee SS, et al. Impact of the liver imaging reporting and data system on research studies of diagnosing hepatocellular carcinoma using MRI. *Korean J Radiol* 2022;23:529-538
- van der Pol CB, Lim CS, Sirlin CB, McGrath TA, Salameh JP, Bashir MR, et al. Accuracy of the liver imaging reporting and data system in computed tomography and magnetic resonance image analysis of hepatocellular carcinoma or overall malignancy—a systematic review. *Gastroenterology* 2019;156:976-986
- Lee S, Kim SS, Roh YH, Choi JY, Park MS, Kim MJ. Diagnostic performance of CT/MRI liver imaging reporting

and data system v2017 for hepatocellular carcinoma: a systematic review and meta-analysis. *Liver Int* 2020;40:1488-1497

9. Lee S, Kim YY, Shin J, Hwang SH, Roh YH, Chung YE, et al. CT and MRI liver imaging reporting and data system version 2018 for hepatocellular carcinoma: a systematic review with meta-analysis. *J Am Coll Radiol* 2020;17:1199-1206
10. Kim YY, Lee S, Shin J, Son WJ, Shin H, Lee JE, et al. Diagnostic performance of liver imaging reporting and data system version 2017 versus version 2018 for hepatocellular carcinoma: a systematic review and meta-analysis of comparative studies. *J Magn Reson Imaging* 2021;54:1912-1919
11. Kim YY, Kim MJ, Kim EH, Roh YH, An C. Hepatocellular carcinoma versus other hepatic malignancy in cirrhosis: performance of LI-RADS version 2018. *Radiology* 2019;291:72-80
12. Choi SH, Lee SS, Park SH, Kim KM, Yu E, Park Y, et al. LI-RADS classification and prognosis of primary liver cancers at gadoxetic acid-enhanced MRI. *Radiology* 2019;290:388-397
13. Jeon SK, Joo I, Lee DH, Lee SM, Kang HJ, Lee KB, et al. Combined hepatocellular cholangiocarcinoma: LI-RADS v2017 categorisation for differential diagnosis and prognostication on gadoxetic acid-enhanced MR imaging. *Eur Radiol* 2019;29:373-382
14. Fraum TJ, Cannella R, Ludwig DR, Tsai R, Naeem M, LeBlanc M, et al. Assessment of primary liver carcinomas other than hepatocellular carcinoma (HCC) with LI-RADS v2018: comparison of the LI-RADS target population to patients without LI-RADS-defined HCC risk factors. *Eur Radiol* 2020;30:996-1007
15. van der Pol CB, McInnes MDF, Salameh JP, Levis B, Chernyak V, Sirlin CB, et al. CT/MRI and CEUS LI-RADS major features association with hepatocellular carcinoma: individual patient data meta-analysis. *Radiology* 2022;302:326-335
16. Park JH, Chung YE, Seo N, Choi JY, Park MS, Kim MJ. Should threshold growth be considered a major feature in the diagnosis of hepatocellular carcinoma using LI-RADS? *Korean J Radiol* 2021;22:1628-1639
17. Cerny M, Bergeron C, Billiard JS, Murphy-Lavallée J, Olivie D, Bérubé J, et al. LI-RADS for MR imaging diagnosis of hepatocellular carcinoma: performance of major and ancillary features. *Radiology* 2018;288:118-128
18. Kim YY, Choi JY, Kim SU, Lee M, Park MS, Chung YE, et al. MRI ancillary features for LI-RADS category 3 and 4 observations: improved categorization to indicate the risk of hepatic malignancy. *AJR Am J Roentgenol* 2020;215:1354-1362
19. Kim YY, Min JH, Hwang JA, Jeong WK, Sinn DH, Lim HK. Second-line Sonazoid-enhanced ultrasonography for liver imaging reporting and data system category 3 and 4 on gadoxetate-enhanced magnetic resonance imaging. *Ultrasonography* 2022;41:519-529
20. Kang JH, Choi SH, Byun JH, Kim DH, Lee SJ, Kim SY, et al. Ancillary features in the liver imaging reporting and data system: how to improve diagnosis of hepatocellular carcinoma \leq 3 cm on magnetic resonance imaging. *Eur Radiol* 2020;30:2881-2889
21. Cannella R, Vernuccio F, Sagreija H, Choudhury KR, Iranpour N, Marin D, et al. Liver imaging reporting and data system (LI-RADS) v2018: diagnostic value of ancillary features favoring malignancy in hypervascular observations \geq 10 mm at intermediate (LR-3) and high probability (LR-4) for hepatocellular carcinoma. *Eur Radiol* 2020;30:3770-3781
22. Lee S, Kim SS, Bae H, Shin J, Yoon JK, Kim MJ. Application of liver imaging reporting and data system version 2018 ancillary features to upgrade from LR-4 to LR-5 on gadoxetic acid-enhanced MRI. *Eur Radiol* 2021;31:855-863
23. Kim HS, Choi JI, Kim BH, Youn SY, Kim H, Kim DH, et al. LI-RADS version 2018 in patients with prior history of hepatocellular carcinoma: are LR4 observations enough for the diagnosis of recurrent HCC? *Investig Magn Reson Imaging* 2021;25:172-182
24. An C, Park S, Chung YE, Kim DY, Kim SS, Kim MJ, et al. Curative resection of single primary hepatic malignancy: liver imaging reporting and data system category LR-M portends a worse prognosis. *AJR Am J Roentgenol* 2017;209:576-583
25. Shin J, Lee S, Kim SS, Chung YE, Choi JY, Park MS, et al. Characteristics and early recurrence of hepatocellular carcinomas categorized as LR-M: comparison with those categorized as LR-4 or 5. *J Magn Reson Imaging* 2021;54:1446-1454
26. Lee S, Kim KW, Jeong WK, Jeong SY, Hwang JA, Choi JS, et al. Liver imaging reporting and data system category on magnetic resonance imaging predicts recurrence of hepatocellular carcinoma after liver transplantation within the Milan criteria: a multicenter study. *Ann Surg Oncol* 2021;28:6782-6789
27. Kim TH, Woo S, Joo I, Bashir MR, Park MS, Burke LMB, et al. LI-RADS treatment response algorithm for de-

- tecting incomplete necrosis in hepatocellular carcinoma after locoregional treatment: a systematic review and meta-analysis using individual patient data. *Abdom Radiol (NY)* 2021;46:3717-3728
28. Gupta P, Bansal A, Das GC, Kumar-M P, Chaluvashetty SB, Bhujade H, et al. Diagnostic accuracy of liver imaging reporting and data system locoregional treatment response criteria: a systematic review and meta-analysis. *Eur Radiol* 2021;31:7725-7733
 29. Youn SY, Kim DH, Choi SH, Kim B, Choi JI, Shin YR, et al. Diagnostic performance of liver imaging reporting and data system treatment response algorithm: a systematic review and meta-analysis. *Eur Radiol* 2021; 31:4785-4793
 30. Yoon J, Lee S, Shin J, Kim SS, Kim GM, Won JY. LI-RADS version 2018 treatment response algorithm: diagnostic performance after transarterial radioembolization for hepatocellular carcinoma. *Korean J Radiol* 2021;22:1279-1288
 31. Kim YY, Kim MJ, Yoon JK, Shin J, Roh YH. Incorporation of ancillary MRI features into the LI-RADS treatment response algorithm: impact on diagnostic performance after locoregional treatment of hepatocellular carcinoma. *AJR Am J Roentgenol* 2022;218:484-493
 32. Youn SY, Kim DH, Choi JI, Choi MH, Kim B, Shin YR, et al. Usefulness of arterial subtraction in applying liver imaging reporting and data system (LI-RADS) treatment response algorithm to gadoxetic acid-enhanced MRI. *Korean J Radiol* 2021;22:1289-1299
 33. Kim SW, Joo I, Kim HC, Ahn SJ, Kang HJ, Jeon SK, et al. LI-RADS treatment response categorization on gadoxetic acid-enhanced MRI: diagnostic performance compared to mRECIST and added value of ancillary features. *Eur Radiol* 2020;30:2861-2870
 34. Park S, Joo I, Lee DH, Bae JS, Yoo J, Kim SW, et al. Diagnostic performance of LI-RADS treatment response algorithm for hepatocellular carcinoma: adding ancillary features to MRI compared with enhancement patterns at CT and MRI. *Radiology* 2020;296:554-561
 35. European Association for the Study of the Liver. EASL clinical practice guidelines: management of hepatocellular carcinoma. *J Hepatol* 2018;69:182-236
 36. Omata M, Cheng AL, Kokudo N, Kudo M, Lee JM, Jia J, et al. Asia-Pacific clinical practice guidelines on the management of hepatocellular carcinoma: a 2017 update. *Hepatol Int* 2017;11:317-370
 37. Korean Liver Cancer Association (KLCA), National Cancer Center (NCC). 2018 Korean Liver Cancer Association-National Cancer Center Korea practice guidelines for the management of hepatocellular carcinoma. *Korean J Radiol* 2019;20:1042-1113
 38. Joo I, Lee JM, Lee DH, Jeon JH, Han JK, Choi BI. Noninvasive diagnosis of hepatocellular carcinoma on gadoxetic acid-enhanced MRI: can hypointensity on the hepatobiliary phase be used as an alternative to wash-out? *Eur Radiol* 2015;25:2859-2868
 39. Kim DH, Choi SH, Kim SY, Kim MJ, Lee SS, Byun JH. Gadaxetic acid-enhanced MRI of hepatocellular carcinoma: value of washout in transitional and hepatobiliary phases. *Radiology* 2019;291:651-657
 40. Joo I, Lee JM, Lee DH, Jeon JH, Han JK. Retrospective validation of a new diagnostic criterion for hepatocellular carcinoma on gadoxetic acid-enhanced MRI: can hypointensity on the hepatobiliary phase be used as an alternative to washout with the aid of ancillary features? *Eur Radiol* 2019;29:1724-1732
 41. Lee S, Kim MJ, Kim SS, Shin H, Kim DY, Choi JY, et al. Retrospective comparison of EASL 2018 and LI-RADS 2018 for the noninvasive diagnosis of hepatocellular carcinoma using magnetic resonance imaging. *Hepatol Int* 2020;14:70-79
 42. Min JH, Kim JM, Kim YK, Kim H, Cha DI, Kang TW, et al. EASL versus LI-RADS: Intra-individual comparison of MRI with extracellular contrast and gadoxetic acid for diagnosis of small HCC. *Liver Int* 2021;41:2986-2996
 43. Lee S, Kim SS, Chang DR, Kim H, Kim MJ. Comparison of LI-RADS 2018 and KLCA-NCC 2018 for noninvasive diagnosis of hepatocellular carcinoma using magnetic resonance imaging. *Clin Mol Hepatol* 2020;26:340-351
 44. Lee SM, Lee JM, Ahn SJ, Kang HJ, Yang HK, Yoon JH. Diagnostic Performance of 2018 KLCA-NCC practice guideline for hepatocellular carcinoma on gadoxetic acid-enhanced MRI in patients with chronic hepatitis B or cirrhosis: comparison with LI-RADS version 2018. *Korean J Radiol* 2021;22:1066-1076
 45. Byun J, Choi SH, Byun JH, Lee SJ, Kim SY, Won HJ, et al. Comparison of the diagnostic performance of imaging criteria for HCCs \leq 3.0 cm on gadoxetate disodium-enhanced MRI. *Hepatol Int* 2020;14:534-543
 46. Jeon SK, Lee JM, Joo I, Yoo J, Park JY. Comparison of guidelines for diagnosis of hepatocellular carcinoma using gadoxetic acid-enhanced MRI in transplantation candidates. *Eur Radiol* 2020;30:4762-4771
 47. Hwang SH, Park MS, Park S, Lim JS, Kim SU, Park YN. Comparison of the current guidelines for diagnosing

- hepatocellular carcinoma using gadoteric acid-enhanced magnetic resonance imaging. *Eur Radiol* 2021; 31:4492-4503
48. Park SH, Shim YS, Kim B, Kim SY, Kim YS, Huh J, et al. Retrospective analysis of current guidelines for hepatocellular carcinoma diagnosis on gadoteric acid-enhanced MRI in at-risk patients. *Eur Radiol* 2021;31:4751-4763
 49. Kim DH, Kim B, Youn SY, Kim H, Choi JI. Diagnostic performance of KLCA-NCC 2018 criteria for hepatocellular carcinoma using magnetic resonance imaging: a systematic review and meta-analysis. *Diagnostics (Basel)* 2021;11:1763
 50. Kwag M, Choi SH, Choi SJ, Byun JH, Won HJ, Shin YM. Simplified LI-RADS for hepatocellular carcinoma diagnosis at gadoteric acid-enhanced MRI. *Radiology* 2022;305:614-622
 51. Jang JK, Choi SH, Byun JH, Park SY, Lee SJ, Kim SY, et al. New strategy for liver imaging reporting and data system category M to improve diagnostic performance of MRI for hepatocellular carcinoma \leq 3.0 cm. *Abdom Radiol (NY)* 2022;47:2289-2298
 52. Quaiia E. State of the art: LI-RADS for contrast-enhanced US. *Radiology* 2019;293:4-14
 53. Kang HJ, Lee JM, Yoon JH, Han JK. Role of contrast-enhanced ultrasound as a second-line diagnostic modality in noninvasive diagnostic algorithms for hepatocellular carcinoma. *Korean J Radiol* 2021;22:354-365
 54. Shin J, Lee S, Bae H, Chung YE, Choi JY, Huh YM, et al. Contrast-enhanced ultrasound liver imaging reporting and data system for diagnosing hepatocellular carcinoma: a meta-analysis. *Liver Int* 2020;40:2345-2352
 55. Park HJ, Choi BI, Lee ES, Park SB, Lee JB. How to differentiate borderline hepatic nodules in hepatocarcinogenesis: emphasis on imaging diagnosis. *Liver Cancer* 2017;6:189-203
 56. Ohama H, Imai Y, Nakashima O, Kogita S, Takamura M, Hori M, et al. Images of Sonazoid-enhanced ultrasonography in multistep hepatocarcinogenesis: comparison with Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI. *J Gastroenterol* 2014;49:1081-1093
 57. Kudo M. Defect reperfusion imaging with sonazoid[®]: a breakthrough in hepatocellular carcinoma. *Liver Cancer* 2016;5:1-7
 58. King KG. Editorial comment: future incorporation of kupffer cell agents into contrast-enhanced ultrasound LI-RADS may increase sensitivity for HCC without compromising specificity. *AJR Am J Roentgenol* 2022; 219:444
 59. Kielar AZ, Chernyak V, Bashir MR, Do RK, Fowler KJ, Mitchell DG, et al. LI-RADS 2017: an update. *J Magn Reson Imaging* 2018;47:1459-1474
 60. American College of Radiology. Liver imaging reporting and data system version 2014. Available at: <http://www.acr.org/Quality-Safety/Resources/LIRADS>. Accessed October 1, 2022

CT/MRI 간영상 판독과 자료체계: 표준화, 근거 및 발전방향

김연윤 · 최진영*

간영상 보고 및 자료체계(liver imaging reporting and data system; 이하 LI-RADS)는 간세포암종 고위험군에서 간세포암종의 진단과 치료반응평가 등을 표준화하기 위해 미국영상의학회의 후원을 받아 개발되었다. CT/MRI LI-RADS는 2018년 버전이 가장 최근에 개정된 것인데, 미국간학회 가이드라인에 간세포암종 진단기준으로서 통합되었다. 이 종설에서는 CT/MRI LI-RADS가 간영상의 표준화된 보고에 미친 영향을 살펴보고, CT/MRI LI-RADS를 이용한 간세포암종 진단과 국소치료 후의 치료반응평가에 있어 현시점에서 축적된 근거 및 다른 간세포암종 진단가이드라인들과의 비교 결과를 살펴볼 것이며, 추후 발전방향에 대해 기술하고자 한다.

연세대학교 의과대학 세브란스병원 영상의학과