



Prostate Imaging Reporting and Data System (PI-RADS) v 2.1: Overview and Critical Points

전립선영상 판독과 자료체계 2.1 버전: 개요와 비판적인 의견

Chan Kyo Kim, MD*

Department of Radiology and Center for Imaging Science, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

ORCID iD

Chan Kyo Kim <https://orcid.org/0000-0003-0482-1140>

Received December 19, 2022

Revised January 15, 2023

Accepted January 20, 2023

*Corresponding author

Chan Kyo Kim, MD
Department of Radiology and
Center for Imaging Science,
Samsung Medical Center,
Sungkyunkwan University
School of Medicine,
81 Irwon-ro, Gangnam-gu,
Seoul 06351, Korea.

Tel 82-2-3410-0511

Fax 82-2-3410-2559

E-mail chankyokim@skku.edu

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 technical parameters and imaging interpretation criteria of the Prostate Imaging Reporting and Data System version 2 (PI-RADS v2) using multiparametric MRI (mpMRI) are updated in PI-RADS v2.1. These changes have been an expected improvement for prostate cancer evaluation, although some issues remain unsolved, and new issues have been raised. In this review, a brief overview of PI-RADS v2.1 is and several critical points are discussed as follows: the need for more detailed protocols of mpMRI, lack of validation of the revised transition zone interpretation criteria, the need for clarification for the revised diffusion-weighted imaging and dynamic contrast-enhanced imaging criteria, anterior fibromuscular stroma and central zone assessment, assessment of background signal and tumor aggressiveness, changes in the structured report, the need for the parameters for imaging quality and performance control, and indications for expansion of the system to include other indications.

Index terms Prostate Cancer; Multiparametric Magnetic Resonance Imaging; Magnetic Resonance Imaging; Diffusion Magnetic Resonance Imaging; PI-RADS

서론

전립선 다중 매개 자기공명영상(multiparametric MRI; 이하 mpMRI)는 지난 10년간 전립선암의 진단, 병기 결정, 치료 후 재발 평가, 적극적 감시(active surveillance) 평가 등에서 역할이 증가됨으로써 전립선암 환자의 평가 및 관리에 실질적인 패러다임 전환에 기여하였다(1). 전립선특이항원 상승이나 직장수지검사 이상 소견의 전립선암이 의심되는 환자에서 시행하는 경직장초음

파유도 전립선생검을 통한 전립선암의 고전적인 진단 경로와 비교하여 생검 전 MRI 후 MRI 유도 표적생검은 임상적으로 의미 있는 전립선암(clinically significant cancer; 이하 csPCa)의 진단율을 향상시킨다(2, 3). mpMRI는 음성예측도가 높기 때문에 생검 전 분류(triage)는 전립선특이원 검사를 통한 전립선암의 과잉진단 및 과잉치료를 최소화할 수 있는 장점을 제공할 수 있다(4).

Prostate Imaging Reporting and Data System (이하 PI-RADS)의 개발은 mpMRI의 표준화를 향상시키고 임상진료에서 전립선 MRI의 보다 많은 임상적 사용을 가져왔다. 2012년 처음 PI-RADS가 소개된 이래로 2015년 PI-RADS version 2 (이하 v2)가 소개되었다(5). PI-RADS v2는 환자의 치료, 소통, 다 연구기관 비교 연구 및 품질관리 등에 중요한 영상 획득 기술과 전립선 MRI의 해석의 표준화를 위해 고안되었다. PI-RADS v2는 영상의학과 의사와 비뇨의학과 의사들에게 세계적으로 광범위하게 신속히 받아들여졌고 그 결과들도 보고되고 있다(6, 7). PI-RADS v2는 보고된 결과, 전문가 관찰 및 의견을 이용한 하나의 의견일치기반 과정으로 PI-RADS v2의 가치에 대해 많은 연구들이 보고되고 있지만, 여전히 애매모호함, 의견불일치와 제한점이 있어, 2019년에 PI-RADS v2.1이 새롭게 소개되었다(8). PI-RADS v2.1에서는 PI-RADS v2의 전체 틀을 유지하면서 판독자 간 일치(interobserver agreement)를 향상시키고 단순화하기 위해, 영상 획득 변수와 점수 시스템을 개정하였다. 하지만, PI-RADS v2.1에서도 미해결된 여러 문제가 존재하고 새로운 문제가 부각된다(9).

본 종설에서는 PI-RADS v2.1에서 개정된 MRI의 임상적/기술적 측면과 점수 시스템의 간략한 요약 및 비판적인 의견을 소개하고자 한다.

임상적/기술적 관점 고려

환자 전처치

PI-RADS v2.1은 전립선 MRI 검사 전 환자의 전처치에 대한 특별한 변경 사항은 포함되지 않는다. 환자 전처치는 특히, 이중 매개 자기공명영상(biparametric MRI; 이하 bpMRI) 프로토콜에서 영상 품질에 영향을 미치는 중요한 부분이다. 직장 확장은 mpMRI 품질에 중요한 인자이고 조직 생검 결과에서 영향을 미칠 수 있다(10). 관장은 직장 확장을 감소시키는데 효율적이거나 영상 품질의 향상에 관한 여러 결과는 모순적이다(11-13). 하지만, 관장이 금기가 아니라면 mpMRI 품질의 향상을 위해 관장은 일반적으로 추천된다.

항연동제(부스코판) 사용은 장운동과 관련된 인공물을 감소시키고 T2 강조영상에서 전립선과 주변 구조물의 해부학적 기술을 향상시킬 수 있다(14). 하지만, 항연동제 사용은 검사비용 상승, 검사 흐름의 복잡성, 그리고 약물과 연관된 부작용이 발생할 수 있다(15). 금욕은 전립선암 진단에 검증은 안 되었지만 전립선 및 정낭의 모양에 영향을 끼칠 수 있다(16).

조직검사와 MRI 검사 사이 6주 이상의 간격이 추천되지만, 현재 전립선암 진단을 위한 mpMRI는 보통 미국이나 유럽에서 생검 전에 시행된다. 따라서 생검 후 출혈이나 염증은 영상 판독과 병기 판단에 덜 중요하게 되었다(3, 17).

하드웨어

자장의 강도와 수신 코일의 선택에 대해서 PI-RADS v2.1에서는 변화는 없다. 3T와 1.5T 시스템 모두 수용 가능하나 3T가 가능하다면 추천된다. 직장내 코일 사용이 전립선암 진단의 향상을 가져 온다는 근거가 부족하므로 환자의 불편감, 추가비용 및 작업흐름(workflow)의 어려움 등을 고려했을 때 직장내 코일 사용은 선택적이다(18). 또한, mpMRI 프로토콜의 최적화를 통해서 직장내 코일을 사용하는 검사와 사용하지 않은 검사 사이의 차이는 줄일 수 있다. 따라서, 최소한 수용 가능한 일반 기술적인 변수들은 가능한 최상의 영상 품질을 제공하고자 하는 영상 센터를 만드는 데는 미흡할 수도 있다(19). 비록 변수들의 적용이 각 스캐너 구성, 코일 선택과 시간 제약 등에 영향을 받지만, 3T와 1.5T 플랫폼에서 각 회사별 최적화에 대한 보다 구체적인 프로토콜이 필요할 것으로 보인다. 예를 들면, 확산강조영상(diffusion-weighted imaging)의 경우 PI-RADS v2.1에서는 시야(field of view)가 16–22 cm가 추천되지만, 직장내 코일을 사용하지 않은 1.5T 스캐너에서 mpMRI를 얻을 때 적절한 신호대 잡음비(signal-to-noise ratio)를 확보하기 위해서 시야는 26–30 cm와 절편 두께 4 mm 사용을 고려할 수 있다(20).

영상획득 매개변수

T2 강조영상

PI-RADS v2.1

T2 강조영상은 필수적인 측면(환자에 일직선 혹은 전립선 장축에 따른 비스듬한 측면[oblique axial])을 얻어야 하고 최소한 한 개의 추가적인 직각면(orthogonal plane)의 시상면 혹은 관상면의 T2 강조영상을 얻어야 한다.

비판적인 관점

최소한 두 개의 영상면은 한 개면만 사용했을 때 부피 평균에 제한적일 수 있는 병변의 모양과 신호강도를 보다 정확히 평가하는데 도움이 된다. 하지만, 비스듬한 측면의 표현은 보다 자세한 설명이 필요하다. 비스듬한 면은 인접한 직장 전벽이나 기준의 주변부(peripheral zone)로서 사용되어야 한다. 만약 비스듬한 측면이 부정확하게 위치하면 병변의 위치를 파악하는데 혼란을 초래할 수 있다. 해부학적 구역의 표현 관점에서 주변부의 수직의 비스듬한 측면 영상 획득이 일직선 측면 영상 획득보다 좋을 수 있으나 검사자에게는 일직선 측면 영상 획득이 보다 신뢰할 수 있게 영상을 얻을 수 있다.

삼차원 T2 강조영상은 영상 품질, 암의 진단 및 병기 결정시 이차원 영상과 비슷한 정확성을 보일 수 있다(21). 현재 삼차원 T2 강조영상이 임상에서 사용될 수 있으나 이차원 T2 강조영상을 완전히 대신하는 데는 제한적으로 판단된다. 하지만, 삼차원 T2 강조영상의 가능성은 MRI-경직장 초음파 융합 생검시 전립선 분할을 위해 이차원영상 획득보다 원칙적으로는 장점을 가지고 있어 현재 많은 병원에서 삼차원 영상을 얻고 있다. 등방성 삼차원데이터세트는 영상 획득 시간을 단축할 수 있

어, 삼차원 T2 강조영상은 이차원 T2 강조영상을 대신해 사용될 수 있을 것으로 기대된다(21, 22).

확산강조영상(Diffusion-Weighted Imaging)

PI-RADS v2.1

확산강조영상에서 b값은 최소한 2개(낮은 b값의 0–100 s/mm² [50–100 s/mm² 보다 선호]와 중간 b값의 800–1000 s/mm²)가 추천된다. 추가적으로 높은 b값은 1400 s/mm² 이상을 얻어야 한다. 높은 b값 확산강조영상은 낮은 b값과 중간 b값을 이용한 계산형(computed) 확산강조영상을 얻거나 분리된 영상획득으로 얻을 수 있다.

비판적인 관점

영상획득 시간 절약과 의심되는 병변의 명료성 향상을 고려할 때 계산형 확산강조영상은 장점을 제공할 수 있다(23).

영동적조영증강영상(Dynamic Contrast-Enhanced Imaging)

PI-RADS v2.1

삼차원 영상획득은 신호대잡음비의 장점으로 T1 강조경사에코시컨스의 이차원보다 추천된다. 최소한의 시간적 해상도(temporal resolution)는 10초 이내에서 15초 이내로 변경되었다. 그 이유는 보다 짧은 영상획득이 진단적 장점이 부족하고 판독시 조영증강의 정량적인 평가가 아닌 정성적 평가 때문으로 판단된다.

비판적인 관점

비록 PI-RADS v2에서 10초 이내(7초 이내 선호)의 시간적 해상도가 장점을 제공하지 못할 수 있으나 일부 판독자에서는 시간적 해상도가 15초로 증가되었을 때 판독시 지각적인 면에서 주관적인 불이익이 있을 수 있다(24).

해석 및 보고(Interpretation and Reporting)

점수 시스템의 개정

PI-RADS v2.1은 보다 객관적인 병변기반점수화 접근이지만, 여전히 병변에 대한 해석과 보고가 주관적으로 초보자에게 도전적일 수 있다(Fig. 1). PI-RADS v2.1에서 변화는 중심부(central zone)와 anterior fibromuscular stroma (이하 AFMS)의 병변 평가, 이행부(transition zone) 평가, 확산강조영상에서 2점과 3점 기준의 변화, 역동적조영증강영상에서 양성과 음성 조영증강에 대한 기준의 명확화 등이다.

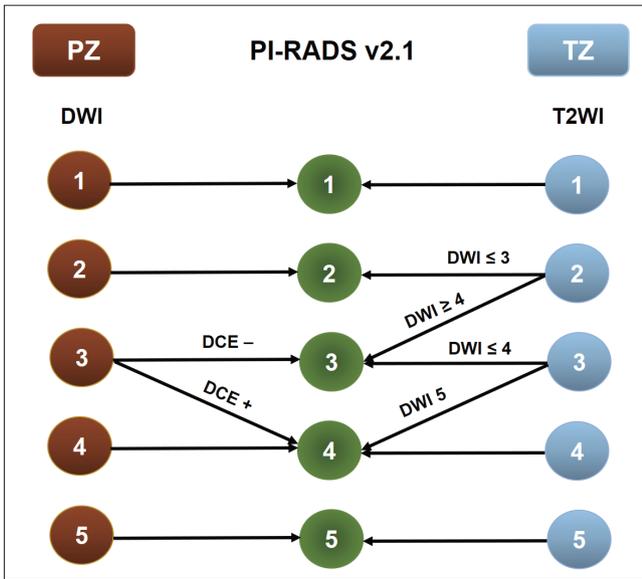


Fig. 1. Flow chart of PI-RADS v2.1 assessment in the PZ and TZ. DCE = dynamic contrast-enhanced, DWI = diffusion-weighted imaging, PI-RADS = Prostate Imaging Reporting and Data System, PZ = peripheral zone, TZ = transition zone, T2WI = T2-weighted imaging

AFMS와 중심부 평가

PI-RADS v2.1

PI-RADS v2.1은 AFMS와 중심부에서 비정상 소견이 없다면 이 두 곳의 해부학적 위치에서는 따로 판독시 보고할 필요는 없다. 정상 AFMS는 조기 조영증강 없이 T2 강조영상, 겔보기확산계수 (apparent diffusion coefficient) 그리고 높은 b값 확산강조영상에서 양측 대칭적 모양(초승달)의 대칭적인 저신호강도를 보인다(Fig. 2). 정상 중심부는 전립선 기저에서 정구(verumontanum)까지 사정관을 둘러싸는 양측성, 대칭성 저신호강도 조직으로 보통 T2 강조영상과 겔보기확산계수 영상에서 보인다(Fig. 3). 높은 b값 확산강조영상에서 대칭성 경미한 고신호강도를 보일 수 있다. 하지만, 조기 조영증강 혹은 높은 b값 확산강조영상에서 비대칭성 고신호강도를 보이지는 않는다.

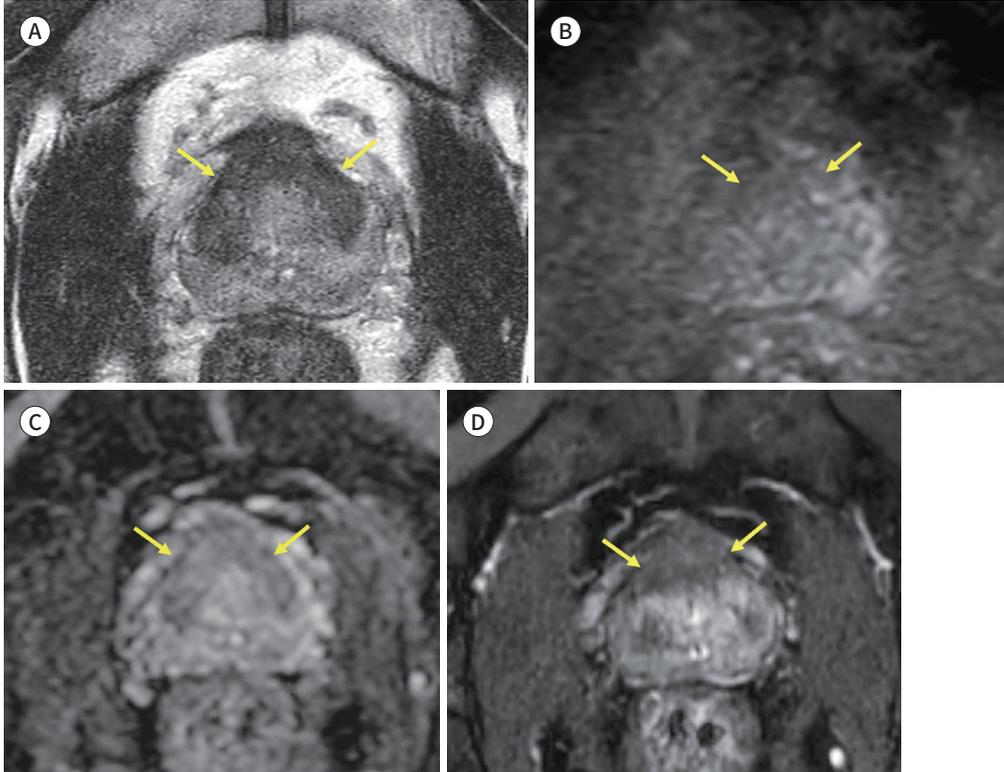
전립선암은 AFMS에서 발생하지 않기 때문에 PI-RADS v2.1에서는 병변을 기술하는데 사용되는 기준은 병변이 발생하는 것으로 보이는 주변부나 이행부와 같은 기준으로 사용된다. 예를 들면, 이행부에서 발생한 것으로 보이면 이행부 기준을 사용해야 한다. 중심부에 대한 평가는 덜 명확하며, 심지어 경험 있는 판독자도 평가하는데 어려운 위치이며 가장 혼란을 많이 초래하는 부위이다. PI-RADS v2.1에서 중심부 전립선암의 진단 기준은 전립선비대증으로는 설명이 안 되는 T2 강조영상, 겔보기확산계수영상, 혹은 높은 b값 확산강조영상에서 좌우측 중심부 비대칭 혹은 국소적 조기 조영증강을 보이는 경우이다.

비판적인 관점

중심부를 침범하는 병변에 대한 소견을 기반으로 한 PI-RADS 평가 범주를 도출하는 방법에 대한 소개는 없다. 중심부에서 발생하는 암은 매우 드물기 때문에 AFMS를 평가하는 현재 추천되는 방법을 사용하는게 가장 합리적인 방법으로 판단된다.

Fig. 2. Normal anterior fibromuscular stroma.

A-D. Normal anterior fibromuscular stroma (arrows) on an axial T2-weighted image (A), diffusion-weighted imaging of b value = 1500 s/mm² (B), apparent diffusion imaging (C), and dynamic contrast-enhanced imaging (D).



이행부(Transition Zone) 평가

PI-RADS v2.1

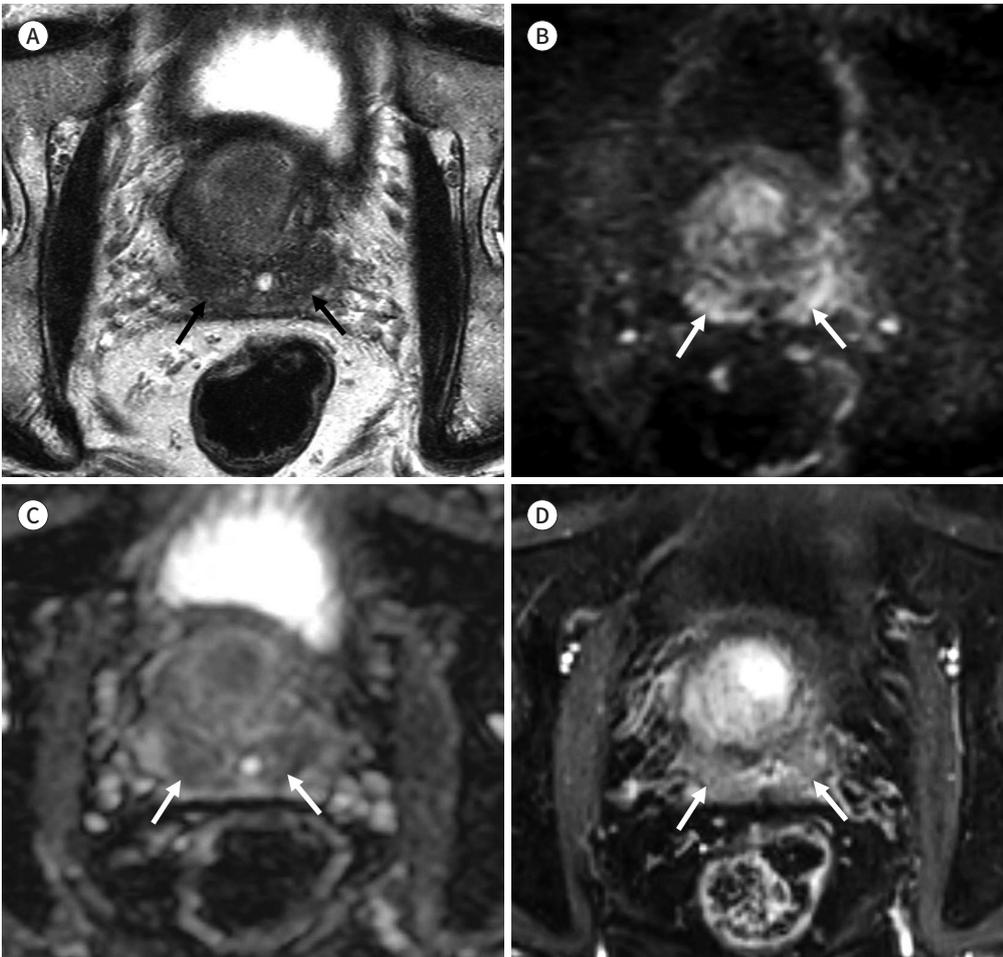
PI-RADS v2.1의 주요 변화 중 하나는 이행부(transition zone) 평가의 개정이다. 나이와 연관된 전립선비대증은 mpMRI에서 흔한 소견이므로 T2 강조영상에서 저신호강도의 띠를 가진 전형적인 피포성의(encapsulated) 전립선비대증 결절은 1점으로 변경되었으며 따로 보고할 필요는 없다. T2 강조영상에서 2점은 대부분 피포성의 결절, 피막형성이 없는 균질한 국한된(circumscribed) 결절, 혹은 결절들 사이 균질한 경미한 저신호강도의 영역이다. 경미하고/중간 정도로 제한된 확산은 이행부 대부분 피막과 비피막 병변에서 보이고 이런 병변은 기질성 비대증이고 점수 상승이 되어서는 안 된다.

비판적인 관점

변화된 PI-RADS v2.1에서 이행부 병변에 대한 향상된 기술로 인해 PI-RADS v2에서 3점으로 분류되었던 병변의 일부는 PI-RADS v2.1 최종 분류가 2점으로 하락될 수도 있다(25, 26). 하지만, T2 강조영상에서 2점 병변이 확산강조영상에서 4점 이상의 소견을 보일 경우에 최종 PI-RADS v2.1 분류는 3점으로 상승될 수 있다. 이런 변화는 전립선암의 진단에 있어 확산강조영상과 겹보기확

Fig. 3. Normal central zone.

A-D. Normal central zone (arrows) on an axial T2-weighted image (A), diffusion-weighted imaging of b value = 1500 s/mm² (B), apparent diffusion imaging (C), and dynamic contrast-enhanced imaging (D).



산계수영상의 중요성을 강조하지만, 이런 변화에 대한 정확성은 현재 불분명하다. 또한 이런 변화는 PI-RADS 3점 병변으로 해석되는 경우의 증가가 예상되고, PI-RADS v2에서 3점 병변의 csPCa의 낮은 양성예측도를 고려했을 때 조직검사 결과의 음성 증가가 초래될 수 있다(27). 최근 한 연구에서 비전형적인 전립선비대증결절이 PI-RADS 3점으로 상승된 경우 csPCa은 오직 7.5%로 보고되었다(28).

PI-RADS v2.1은 확산강조영상 점수가 5일 때만 T2 강조영상에서 3점인 병변이 4점으로 상승되는 규칙을 유지하고 있다. T2 강조영상에서 2점의 이행부 병변의 새로운 규칙과 유사하게 확산강조영상에서 4점 이상을 기반으로 병변의 점수 상승을 허용하는 것은 결정 규칙을 단순화한 것으로 판단된다(29). 주변부에 대해서 PI-RADS v2.1은 압출된(extruded) 전립선비대증 결절 같은 주변부의 피막성, 국한된 원형 결절을 여전히 2점으로 평가한다.

확산강조영상에서 2점과 3점의 개정

PI-RADS v2.1

PI-RADS v2.1에서 사용된 확산강조영상 점수가 어떻게 평가되어야 하는지 언어적인 문제가 소개된다. PI-RADS v2에서 확산강조영상의 2점은 ‘겉보기확산계수영상에서 흐릿한(indistinct) 저신호’로 많은 혼란을 유발하였다. PI-RADS v2.1에서 확산강조영상 2점은 “겉보기확산계수영상에서 선상/쇄기모양의 저신호 ± 높은 b값 확산강조영상에서 선상/쇄기모양의 고신호”로 기술된다. 확산강조영상에서 3-5점에서 ‘국소적’의 기준은 ‘주변 배경과는 다르고 명확한’이다. 확산강조영상에서 3점은 겉보기확산계수영상에서 국소적 저신호 혹은 높은 b값 확산강조영상에서 국소적 고신호이다. 또한 겉보기확산계수영상에서 뚜렷한 저신호와 높은 b값 확산강조영상에서 뚜렷한 고신호의 두 가지 중 하나만 보이는 경우도 3점으로 한다. ‘뚜렷한(marked) 용어’는 같은 영역에서 다른 부위보다도 보다 뚜렷한 신호 변화로 정의된다.

비판적인 관점

비록 PI-RADS v2.1에서 개정된 기준이 보다 객관적인 기술이지만 중요한 문제는 존재한다. 최근 연구에 따르면 배경과 달리 확산강조영상에서 병변이 뚜렷할 때 무시 못 할 정도의 csPCa가 선상 혹은 쇄기모양의 병변에 존재할 수 있다고 한다(Fig. 4) (28, 30). 따라서, 선상과 쇄기모양의 병변이 높은 b값 확산강조영상에서 뚜렷한 고신호와 겉보기확산계수 영상에서 뚜렷한 저신호를 보이는 병변은 확산강조영상에서 4점과 5점의 기준이기 때문에 확산강조영상에서 2점은 이런 소견을 보이지 않는 병변으로 국한될 수 있을 것 같다.

방사상방향(radial orientation)을 가진 양성 선상의 병변(이행부에서 주변부로 확장하는)은 전립선 피막을 따라 존재한 악성 선상 병변과 구별하는 것은 중요하다(Fig. 5) (31). 마지막으로 선상 혹은 쇄기모양의 비정상 소견은 전형적으로 주변부에서 보이지만 이행부에는 보이지 않는다. 이런 확산강조영상 점수 기준은 주변부 및 이행부에 같이 적용되므로 이행부에서 확산강조영상 2점 병변에 대한 적절한 기술이라고 할 수 없다.

PI-RADS v2.1에서 뚜렷한 용어는 같은 영역에서 다른 부위보다도 보다 뚜렷한 신호 변화로 정의된다. 이런 변화는 확산강조영상 3점의 보다 향상된 정의를 제공할 수 있음으로써 4점으로 올려 부르기(overcall)를 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 하지만, 이런 정의에는 정량적인 의미가 포함되지 않아 여전히 주관적인 단점이 있고, 이런 주관적인 평가는 병변의 겉보기확산계수 값/주변의 같은 영역 혹은 근육의 겉보기확산계수값을 사용하면 평가에 도움이 줄 수 있으나 절단값(cutoff value)에 대해서는 보다 많은 검증이 필요하다.

역동적조영증강영상

PI-RADS v2.1

역동적조영증강에 대한 개정은 역동적조영증강-음성에 대한 정의를 보다 명확히 하는게 목적

이다. 역동적조영증강-음성 소견은 조기 혹은 동시간대의 조영증강이 아니거나 T2 강조영상이나 확산강조영상에서 국소병변과 일치하지 않은 전반적 다발성 조영증강으로 정의하고 있다(8). 역동적조영증강-양성은 T2 강조영상이나 확산강조영상에서 의심되는 병변이 인접한 정상 전립선

Fig. 4. Examples of linear lesions in the PZ in two patients.

A-D. Axial T2-weighted image (**A**) shows a linear hypointense lesion in the PZ oriented in radial pattern (arrow). On DWI (**B**, $b = 1500 \text{ s/mm}^2$) and the ADC map (**C**), the lesion (arrows) shows linear hyperintensity and hypointensity, respectively. Axial DCE-MRI (**D**) shows early arterial enhancement (arrow). The PI-RADS v2.1 score is 2.

E-H. Axial T2-weighted image (**E**) shows a linear, but pericapsular hypointense lesion (arrow). On DWI (**F**, $b = 1500 \text{ s/mm}^2$) and the ADC map (**G**), the lesion (arrows) shows marked hyperintensity and marked hypointensity, respectively. Axial DCE-MRI (**H**) shows early arterial enhancement (arrow). Because of its linear morphology, the lesion can be interpreted as DWI score 2 on PI-RADS v2.1. However, the lesion was interpreted as DWI 4 based on PI-RADS v2. MRI-guided biopsy revealed prostate cancer with Gleason score 4+3.

ADC = apparent diffusion coefficient, DCE = dynamic contrast-enhanced image, DWI = diffusion-weighted imaging, PI-RADS = Prostate Imaging Reporting and Data System, PZ = peripheral zone

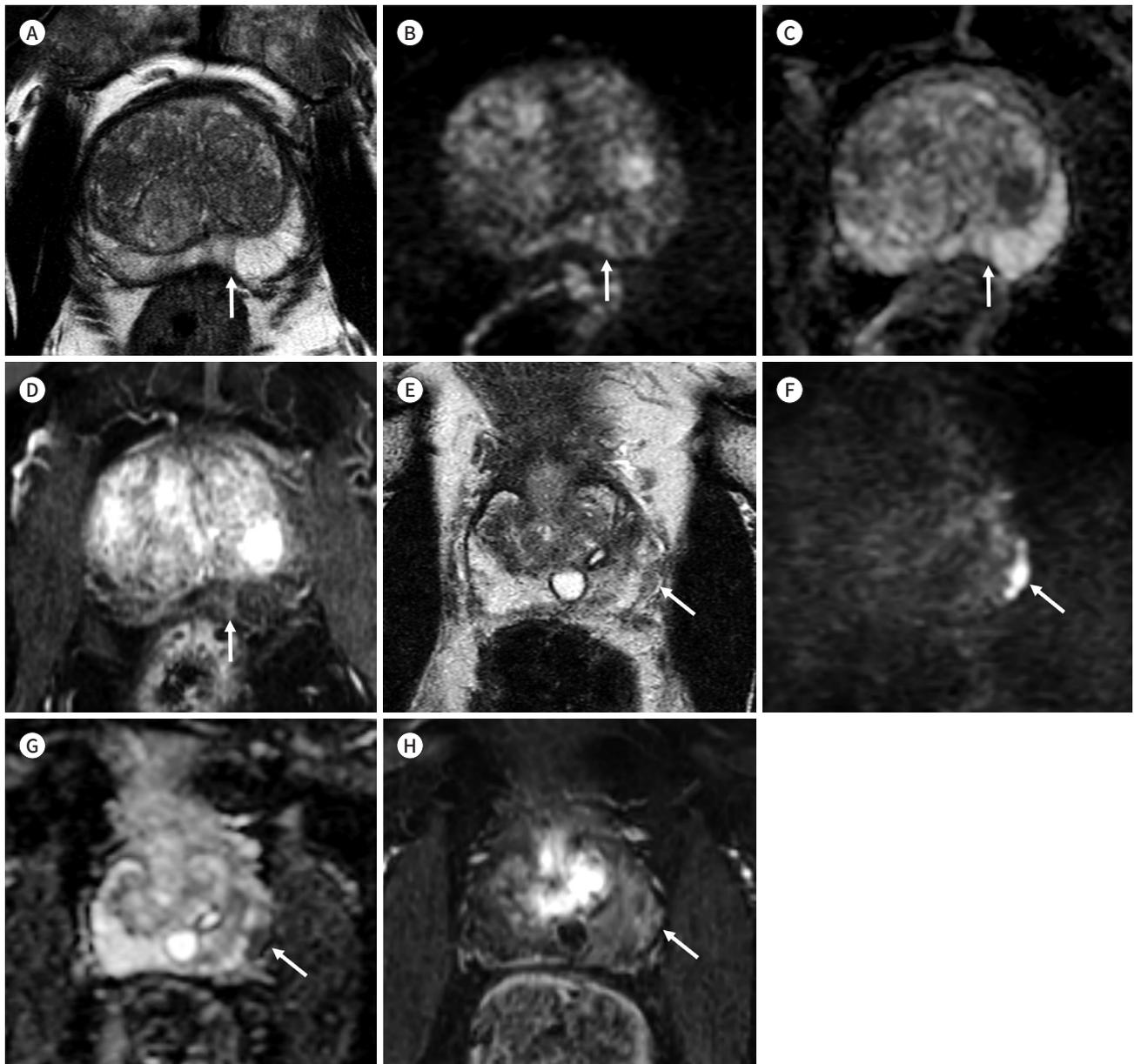
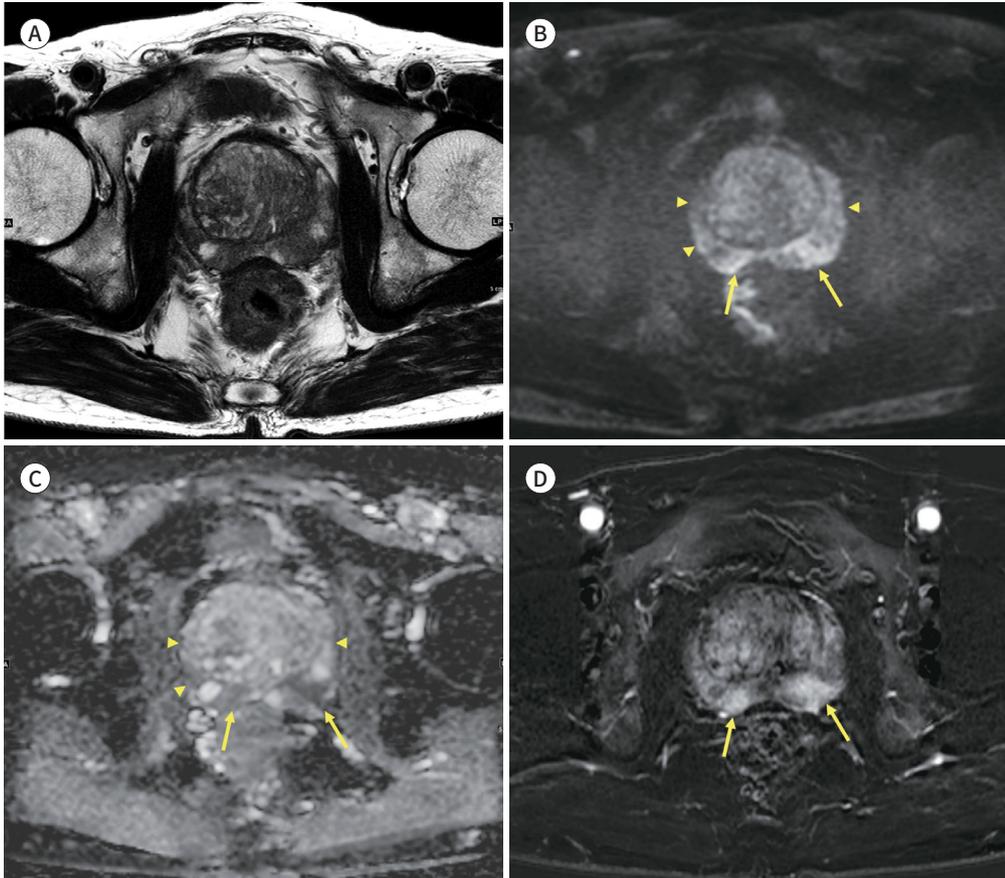


Fig. 5. Patterns of wedge-shaped lesions in bilateral PZ in a 69-year-old male with a prostate specific antigen of 12.3 ng/mL and a negative digital rectal examination.

A-D. Axial T2-weighted image (**A**) shows multiple wedge-shaped hypointense lesions in bilateral PZs. Axial DWI (**B**, $b = 1500 \text{ s/mm}^2$) shows mildly/moderately (arrowheads) and markedly (arrows) hyperintense lesions in the site corresponding with (**A**). Axial ADC map (**C**) shows mildly/moderately (arrowheads) and markedly (arrow) hypointense lesions (arrow) in the corresponding site with (**A**). Axial dynamic contrast-enhanced imaging MRI (**D**) shows some lesions in bilateral PZs exhibiting early arterial enhancement (arrows). Based on the PI-RADS v2.1, these PZ lesions have a score of 2 because of the wedge-shaped lesions on DWI, although some reveal marked hyperintensity on DWI and marked hypointensity on the ADC map. MRI-guided biopsy demonstrated prostate cancer with a Gleason score 4+3 in the left PZ and no cancer was found in the right PZ.

ADC = apparent diffusion coefficient, DWI = diffusion-weighted imaging, PI-RADS = Prostate Imaging Reporting and Data System, PZ = peripheral zone



조직과 비교시 동시간적 이상의 조기 조영증강이 국소적으로 일어나는 경우로 정의된다.

비판적인 관점

개정된 기준은 2가지 관점에서 불명확하다고 할 수 있다. 첫째, 기준은 인접한 정상 전립선 조직이 같은 영역인지 여부가 제시되지 않았다. 둘째, 기준이 비정상의 조영증강의 신호강도가 인접한 정상 전립선조직보다 더 강해야 하는지 여부가 설명되지 않았다. 만약, 병변이 인접한 정상조직의 조영증강과 비슷한 시간과 신호강도로 조영증강을 보인다면 병변과 인접한 정상조직을 구별하는 것은 불가능하다. 비록 역동적조영증강영상의 사용이 여전히 PI-RADS v2.1에서 추천되지만, 이런 변화는 역동적조영증강영상의 병변의 평가에 PI-RADS 점수 결정에 역할이 약하기 때문에 전

립선암 진단을 향상에 실질적인 영향을 미치는데 한계가 있는 것 같다(32). 최근 연구에서는 mpMRI와 bpMRI는 전립선암을 진단하는데 비슷한 정확성을 보인다고 보고하였다(33, 34).

CsPCa 진단 역량

PI-RADS v2.1에서 전립선 csPCa의 검출률에 대한 최근 보고된 연구 결과에 의하면 PI-RADS v2와 비교시 전체 영역(v2 = 87%, v2.1 = 90%)과 이행부(v2 = 85%, v2.1 = 90%) 모두에서 민감도는 비슷한 결과를 보였다(35). 하지만, 특이도는 통계학적으로 의미 있게 전체 영역(v2 = 66%, v2.1 = 62%)과 이행부(v2 = 72%, v2.1 = 67%)에서 PI-RADS v2.1이 낮은 결과를 보였다. PI-RADS v2.1에서 이런 결과는 MRI 유도 생검에서 증가된 음성 생검 결과 초래할 수도 있어 앞으로 보다 많은 검증이 필요하다. Table 1은 PI-RADS v2와 v2.1에서 각 PI-RADS category에 따른 csPCa의 검출률에 대한 결과를 보여준다(35-40).

전립선 배경의 평가

전립선 배경에 대한 미흡한 평가는 v2.1의 중요한 제한점 중 하나이다. 이런 평가는 가령, 이행부에서 전립선비대증 결절, 염증, 위축 그리고 생검 후 주변부에서 신호강도 변화를 mpMRI에서 전립선암 진단에 영향을 미칠 수 있는 인자들에 대해 기술되어야 한다. 주변부에서 T2 저신호강도는 MRI 검사에서 위음성의 결과와 연관될 수 있다(41). 비록 공식적인 PI-RADS 시스템에는 합쳐 지지는 않았지만, 표준화된 판독 견본에는 배경 변화에 대한 기술이 포함될 수 있다. 이런 변화를 기술하는 표준화된 접근은 유방촬영술에서 유방 구성 성분과 MRI에서 배경 실질 조영증강에 대해 필수적인 점이 본보기라고 할 수 있다. 예를 들면, 주변부에서 신호강도의 T2 변화를 정량화하는데 5점 등급이 사용될 수 있고(42), 신호강도의 균질도가 증가하면 전립선암 진단의 민감도가 증가될 수 있다.

병변 악성도 평가

병변의 크기의 15 mm 이상, extraprostatic extension (이하 EPE) 존재와 침습적인 양상은 PI-RADS 4점과 5점을 구별하는데 중요한 인자이다. 결보기확산계수영상과 T2 강조영상은 주변부와 이행부에서 병변의 크기를 측정하는 각각의 기본 시퀀스이다. 비록 큰 병변이 병리적 병기가 높은

Table 1. Detection Rate of csPCa for Each PI-RADS Category in the Whole Gland and TZ Based on the PI-RADS v2 and PI-RADS v2.1

	Whole Gland		TZ	
	PI-RADS v2 (%)	PI-RADS v2.1 (%)	PI-RADS v2 (%)	PI-RADS v2.1 (%)
Score 1-2	6.2-17.0	10.3-16.7	3.8-17.0	2.4-16.7
Score 3	13.0-33.8	9.3-33.8	17.6-33.8	8.0-42.9
Score 4	42.4-79.1	42.4-81.0	40.0-81.0	40.0-81.0
Score 5	72.1-97.1	65.0-97.1	59.3-100	61.7-100

csPCa = clinically significant cancer, PI-RADS = Prostate Imaging Reporting and Data System, TZ = transition zone

것과 연관될지라도(43), 임의적 15 mm 선택은 가령 제한된 확산의 정도 같은 다른 정량적인 특징의 중요성을 경시하는 것이다(29). 다른 정량적인 변수를 차원(dimension) 기준으로 통합하는 것이다. 많은 연구에서 다양한 겔보기확산계수 매트릭스가 csPCa를 확인하는데 도움이 된다고 보고하고 있다(44-47). 국소 병변의 겔보기확산계수 값과 인접 정상 전립선 조직 혹은 전체 전립선의 비율 사용은 각 플랫폼에 따른 정량적 매트릭스의 변동성을 극복하는데 도움이 될 수 있다.

PI-RADS V2.1에서 EPE의 정의가 종양의 직접적인 피막 돌파인 경우만 해당되는지 아니면 EPE의 간접적인 소견(전립선 윤곽 돌출, 불규칙하거나 침상의 주변부, 직장-전립선각 소실 혹은 10 mm 이상의 종양-피막 경계면)에 기반해서 확인될 수 있는지 여부가 불명확하다. 이런 각 소견들을 이용한 EPE의 위험성을 평가하는 체계적인 접근이 제안되고 검증되고 있다(48-50).

체계적 판독 보고 및 어휘(Lexicon)

PI-RADS 어휘와 결합된 체계적 전립선 MRI 판독 보고 형식의 사용과 분류 규정은 PI-RADS 사용을 증가시키고 csPCa 진단율을 향상시킬 수 있다(51). 체계적 판독 보고 형식은 점수 시스템 어휘에 사용되는 단어의 명확성과 함께 PI-RADS v2.1 가이드라인에 포함된다. 예를 들면, PI-RADS v2.1에서 '국소적'은 '비정상인 주변과는 다르게 명확한'을 의미하고, '뚜렷한'은 '같은 영역에서 다른 국소 병변 보다 뚜렷한 신호 변화를 보이는 비정상'으로 정의한다. 이런 변화는 중요한 향상으로 간주되지만 보다 포괄적인 부가적 설명서는 여전히 부족하다.

PI-RADS v2.1에 포함된 판독 보고 형식은 비뇨의학과 의사나 영상의학과 의사에게 필수적인 EPE의 가능성을 보고하는 것에 대해서 개정될 수 있다(52). 제공된 보고 형식에서 외과적 경계 양성 위험성이나 mpMRI 소견에 기초로 예측될 수 있는 이차적 주제 등의 이런 정보는 각 병변의 기술의 전립선 경계 부분에 표현될 수 있다. 대신에 각 부분의 머리말은 EPE로 변경될 수 있고 EPE 위험은 체계적 방법으로 소통될 수 있다.

사소하지만 중요한 변화는 도해에서 후방내측 주변부의 추가한 섹터 지도에 있다. 많은 환자에서 비후된 정중엽은 섹터 지도에 없다. 이 부위는 병변의 위치를 보고하는데 최소한 선호된 방식이기 때문에 섹터 지도에 추가하는 것은 필요하다. 한 설문 조사에서 대답자의 거의 3분의 1에서 섹터 지도에 후방내측 주변부를 표시하지 않았다(53).

영상품질과 수행능력 조절

PI-RADS v2.1에서는 영상 해석의 질 혹은 MRI 유도표적생검과 관련된 단계를 소개하고 있지는 않다. 이런 주제는 전립선암의 진단 경로에 중요하다고 할 수 있다. 비록 워크샷을 통해 영상의학과나 비뇨의학과 의사들의 교육이 mpMRI의 세계적인 사용에 도움을 줄 수는 있지만, mpMRI의 정확한 해석은 MRI의 해석 방법과 얻는 기법을 기술하는 것 이상으로 중요하다고 할 수 있다. PI-RADS에 기초한 직설적인 점수 알고리즘은 전립선 MRI 판독이 쉽다고 잘못된 믿음을 줄 수도 있지만, 현실에서 종종 영상 소견과 임상 상황과 연관된 주관적인 평가를 필요로 한다. 예를 들면, 오직 중간 정도의 판독자 간 일치도는 심지어 경험이 많은 판독자들 사이에서도 PI-RADS v2에서 보고된다(54).

최근 European Society of Urogenital Radiology과 European Association of Urology Section of Urological Imaging에서 영상 품질 평가, 판독 수행 평가와 판독자 경험에 대해서 합의된 권장 사항을 출간하였다(55). mpMRI 품질을 평가하는 점수 시스템은 PRECISION 연구에서 유추되었지만 추가적인 교정이 필요하다(56, 57). 비록 mpMRI과 MRI 유도생검에 대해 세계적으로 받아들여지는 품질 표준과 수행 기준은 없지만, 다기관 전형적 연구를 통해 축적된 자료는 증명서 교부 과정에 기반이 될 수 있을 것으로 기대된다.

PI-RADS 미래 확장

지난 수년간 전립선 mpMRI의 가장 흔한 적응증은 전립선암의 병기 결정에서 진단으로 변화되었으며 PI-RADS 점수 시스템에 의해 소개된 현재의 적응증이다. PI-RADS는 또한 병의 진행과 적극적 감시 중인 환자의 분류에 유용하다(58-61). 이러한 PI-RADS의 발전에도 다른 적응증으로 역할이 확대될 필요는 있다. 한 가지는 적극적 감시 환자에서 연속적인 MRI 검사의 판독 보고의 표준화에 대한 첫 번째 시도인 Prostate Cancer Radiological Estimation of Change in Sequential Evaluation (PRECISE)이다(62). 최근 방사선치료 혹은 수술 후 국소 재발을 평가할 수 있는 보고 시스템인 Prostate Imaging for Recurrence Reporting (PI-RR)이 제안되었다(63). 이런 상황에서는 잔류 혹은 재발을 발견하는데 각 맥동파순서열(pulse sequence)의 기여는 처음 진단과는 다르다. 예를 들면, T2 강조영상은 전립선에서 해부학적 위치에 중요하지만, 병변을 특성화하는데 제한적이다. 반면, 역동적조영증강영상은 처음 진단에는 역할이 보조적이지만, 생존 증양을 찾는 데는 보다 중요한 역할을 보여줄 수 있다. 기존 점수 기준의 부적절한 사용은 초기 전립선암 진단 이외의 적응증에 부가적인 접근 방법이 없을 때 초래될 수도 있다(64).

결론

PI-RADS가 소개된 이후 환자 치료 및 연구에 많은 긍정적인 효과는 PI-RADS에 관한 많은 연구 보고에 의해 검증되었다. PI-RADS v2.1에서 향상되는 분야가 있지만 여전히 여러 비판적인 관점도 존재한다. 앞으로 PI-RADS v2.1이 다른 중요한 적응증으로 확대되는 것은 전립선암의 평가에 미흡한 임상적인 분야에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. PI-RADS는 살아있는 문서이고 부가적인 변화는 보다 많은 연구 검증을 통해 확인될 때 일어날 것이다.

Conflicts of Interest

The author has no potential conflicts of interest to disclose.

Funding

This study was supported by Samsung Biomedical Research Institute Grant (#OTX0001931).

REFERENCES

1. Gupta RT, Mehta KA, Turkbey B, Verma S. PI-RADS: past, present, and future. *J Magn Reson Imaging* 2020; 52:33-53

2. Park JJ, Kim CK. Paradigm shift in prostate cancer diagnosis: pre-biopsy prostate magnetic resonance imaging and targeted biopsy. *Korean J Radiol* 2022;23:625-637
3. Ahmed HU, El-Shater Bosaily A, Brown LC, Gabe R, Kaplan R, Parmar MK, et al. Diagnostic accuracy of multiparametric MRI and TRUS biopsy in prostate cancer (PROMIS): a paired validating confirmatory study. *Lancet* 2017;389:815-822
4. Panebianco V, Barchetti G, Simone G, Del Monte M, Ciardi A, Grompone MD, et al. Negative multiparametric magnetic resonance imaging for prostate cancer: what's next? *Eur Urol* 2018;74:48-54
5. Weinreb JC, Barentsz JO, Choyke PL, Cornud F, Haider MA, Macura KJ, et al. PI-RADS prostate imaging-reporting and data system: 2015, version 2. *Eur Urol* 2016;69:16-40
6. Sathianathen NJ, Omer A, Harriss E, Davies L, Kasivisvanathan V, Punwani S, et al. Negative predictive value of multiparametric magnetic resonance imaging in the detection of clinically significant prostate cancer in the prostate imaging reporting and data system era: a systematic review and meta-analysis. *Eur Urol* 2020;78:402-414
7. Woo S, Suh CH, Kim SY, Cho JY, Kim SH. Diagnostic performance of prostate imaging reporting and data system version 2 for detection of prostate cancer: a systematic review and diagnostic meta-analysis. *Eur Urol* 2017;72:177-188
8. Turkbey B, Rosenkrantz AB, Haider MA, Padhani AR, Villeirs G, Macura KJ, et al. Prostate imaging reporting and data system version 2.1: 2019 update of prostate imaging reporting and data system version 2. *Eur Urol* 2019;76:340-351
9. Purysko AS, Baroni RH, Giganti F, Costa D, Renard-Penna R, Kim CK, et al. PI-RADS version 2.1: a critical review, from the AJR special series on radiology reporting and data systems. *AJR Am J Roentgenol* 2021; 216:20-32
10. Caglic I, Hansen NL, Slough RA, Patterson AJ, Barrett T. Evaluating the effect of rectal distension on prostate multiparametric MRI image quality. *Eur J Radiol* 2017;90:174-180
11. Lim C, Quon J, McInnes M, Shabana WM, El-Khodary M, Schieda N. Does a cleansing enema improve image quality of 3T surface coil multiparametric prostate MRI? *J Magn Reson Imaging* 2015;42:689-697
12. Coskun M, Mehralivand S, Shih JH, Merino MJ, Wood BJ, Pinto PA, et al. Impact of bowel preparation with Fleet's™ enema on prostate MRI quality. *Abdom Radiol (NY)* 2020;45:4252-4259
13. Plodeck V, Radosa CG, Hübner HM, Baldus C, Borkowetz A, Thomas C, et al. Rectal gas-induced susceptibility artefacts on prostate diffusion-weighted MRI with epi read-out at 3.0 T: does a preparatory micro-enema improve image quality? *Abdom Radiol (NY)* 2020;45:4244-4251
14. Ullrich T, Quentin M, Schmaltz AK, Arsov C, Rubbert C, Blondin D, et al. Hyoscine butylbromide significantly decreases motion artefacts and allows better delineation of anatomic structures in mp-MRI of the prostate. *Eur Radiol* 2018;28:17-23
15. Dyde R, Chapman AH, Gale R, Mackintosh A, Tolan DJ. Precautions to be taken by radiologists and radiographers when prescribing hyoscine-N-butylbromide. *Clin Radiol* 2008;63:739-743
16. Kabakus IM, Borofsky S, Mertan FV, Greer M, Daar D, Wood BJ, et al. Does abstinence from ejaculation before prostate MRI improve evaluation of the seminal vesicles? *AJR Am J Roentgenol* 2016;207:1205-1209
17. Bjurlin MA, Carroll PR, Eggner S, Fulgham PF, Margolis DJ, Pinto PA, et al. Update of the standard operating procedure on the use of multiparametric magnetic resonance imaging for the diagnosis, staging and management of prostate cancer. *J Urol* 2020;203:706-712
18. Costa DN, Yuan Q, Xi Y, Rofsky NM, Lenkinski RE, Lotan Y, et al. Comparison of prostate cancer detection at 3-T MRI with and without an endorectal coil: a prospective, paired-patient study. *Urol Oncol* 2016;34:255.e7-255.e13
19. Sackett J, Shih JH, Reese SE, Brender JR, Harmon SA, Barrett T, et al. Quality of prostate MRI: is the PI-RADS standard sufficient? *Acad Radiol* 2021;28:199-207
20. Abreu-Gomez J, Shabana W, McInnes MDF, O'Sullivan JP, Morash C, Schieda N. Regional standardization of prostate multiparametric MRI performance and reporting: is there a role for a director of prostate imaging? *AJR Am J Roentgenol* 2019;213:844-850
21. Rosenkrantz AB, Neil J, Kong X, Melamed J, Babb JS, Taneja SS, et al. Prostate cancer: comparison of 3D T2-weighted with conventional 2D T2-weighted imaging for image quality and tumor detection. *AJR Am J Roentgenol* 2010;194:446-452
22. Westphalen AC, Noworolski SM, Harisinghani M, Jhaveri KS, Raman SS, Rosenkrantz AB, et al. High-resolu-

- tion 3-T endorectal prostate MRI: a multireader study of radiologist preference and perceived interpretive quality of 2D and 3D T2-weighted fast spin-echo MR images. *AJR Am J Roentgenol* 2016;206:86-91
23. Jendoubi S, Wagner M, Montagne S, Ezziane M, Mespoulet J, Comperat E, et al. MRI for prostate cancer: can computed high b-value DWI replace native acquisitions? *Eur Radiol* 2019;29:5197-5204
 24. Ream JM, Doshi AM, Dunst D, Parikh N, Kong MX, Babb JS, et al. Dynamic contrast-enhanced MRI of the prostate: an intraindividual assessment of the effect of temporal resolution on qualitative detection and quantitative analysis of histopathologically proven prostate cancer. *J Magn Reson Imaging* 2017;45:1464-1475
 25. Linhares Moreira AS, De Visschere P, Van Praet C, Villeirs G. How does PI-RADS v2.1 impact patient classification? A head-to-head comparison between PI-RADS v2.0 and v2.1. *Acta Radiol* 2021;62:839-847
 26. Tamada T, Kido A, Takeuchi M, Yamamoto A, Miyaji Y, Kanomata N, et al. Comparison of PI-RADS version 2 and PI-RADS version 2.1 for the detection of transition zone prostate cancer. *Eur J Radiol* 2019;121:108704
 27. Westphalen AC, McCulloch CE, Anaokar JM, Arora S, Barashi NS, Barentsz JO, et al. Variability of the positive predictive value of PI-RADS for prostate MRI across 26 centers: experience of the society of abdominal radiology prostate cancer disease-focused panel. *Radiology* 2020;296:76-84
 28. Lim CS, Abreu-Gomez J, Carrion I, Schieda N. Prevalence of prostate cancer in PI-RADS version 2.1 transition zone atypical nodules upgraded by abnormal DWI: correlation with MRI-directed TRUS-guided targeted biopsy. *AJR Am J Roentgenol* 2021;216:683-690
 29. Rosenkrantz AB, Babb JS, Taneja SS, Ream JM. Proposed adjustments to PI-RADS version 2 decision rules: impact on prostate cancer detection. *Radiology* 2017;283:119-129
 30. Abreu-Gomez J, Wu M, McInnes MDF, Thornhill RE, Flood TA, Schieda N. Shape analysis of peripheral zone observations on prostate DWI: correlation to histopathology outcomes after radical prostatectomy. *AJR Am J Roentgenol* 2020;214:1239-1247
 31. Sankineni S, George AK, Brown AM, Rais-Bahrami S, Wood BJ, Merino MJ, et al. Posterior subcapsular prostate cancer: identification with mpMRI and MRI/TRUS fusion-guided biopsy. *Abdom Imaging* 2015;40:2557-2565
 32. Brancato V, Di Costanzo G, Basso L, Tramontano L, Puglia M, Ragozzino A, et al. Assessment of DCE utility for PCa diagnosis using PI-RADS v2.1: effects on diagnostic accuracy and reproducibility. *Diagnostics (Basel)* 2020;10:164
 33. Kang Z, Min X, Weinreb J, Li Q, Feng Z, Wang L. Abbreviated biparametric versus standard multiparametric MRI for diagnosis of prostate cancer: a systematic review and meta-analysis. *AJR Am J Roentgenol* 2019;212:357-365
 34. Choi MH, Kim CK, Lee YJ, Jung SE. Prebiopsy biparametric MRI for clinically significant prostate cancer detection with PI-RADS version 2: a multicenter study. *AJR Am J Roentgenol* 2019;212:839-846
 35. Lee CH, Vellayappan B, Tan CH. Comparison of diagnostic performance and inter-reader agreement between PI-RADS v2.1 and PI-RADS v2: systematic review and meta-analysis. *Br J Radiol* 2022;95:20210509
 36. Byun J, Park KJ, Kim MH, Kim JK. Direct comparison of PI-RADS version 2 and 2.1 in transition zone lesions for detection of prostate cancer: preliminary experience. *J Magn Reson Imaging* 2020;52:577-586
 37. Hötter AM, Blüthgen C, Rupp NJ, Schneider AF, Eberli D, Donati OF. Comparison of the PI-RADS 2.1 scoring system to PI-RADS 2.0: impact on diagnostic accuracy and inter-reader agreement. *PLoS One* 2020;15:e0239975
 38. Xu L, Zhang G, Zhang D, Zhang X, Bai X, Yan W, et al. Comparison of PI-RADS version 2.1 and PI-RADS version 2 regarding interreader variability and diagnostic accuracy for transition zone prostate cancer. *Abdom Radiol (NY)* 2020;45:4133-4141
 39. Rudolph MM, Baur ADJ, Cash H, Haas M, Mahjoub S, Hartenstein A, et al. Diagnostic performance of PI-RADS version 2.1 compared to version 2.0 for detection of peripheral and transition zone prostate cancer. *Sci Rep* 2020;10:15982
 40. Wang Z, Zhao W, Shen J, Jiang Z, Yang S, Tan S, et al. PI-RADS version 2.1 scoring system is superior in detecting transition zone prostate cancer: a diagnostic study. *Abdom Radiol (NY)* 2020;45:4142-4149
 41. Ma HY, Ahmed FS, Luk L, Martina LAP, Wenske S, Shaish H. The negative predictive value of a PI-RADS version 2 score of 1 on prostate MRI and the factors associated with a false-negative MRI study. *AJR Am J Roentgenol* 2020;215:667-672
 42. Hötter AM, Dappa E, Mazaheri Y, Ehdai B, Zheng J, Capanu M, et al. The influence of background signal intensity changes on cancer detection in prostate MRI. *AJR Am J Roentgenol* 2019;212:823-829
 43. Abreu-Gomez J, Walker D, Alotaibi T, McInnes MDF, Flood TA, Schieda N. Effect of observation size and appar-

- ent diffusion coefficient (ADC) value in PI-RADS v2.1 assessment category 4 and 5 observations compared to adverse pathological outcomes. *Eur Radiol* 2020;30:4251-4261
44. Bonekamp D, Kohl S, Wiesenfarth M, Schelb P, Radtke JP, Götz M, et al. Radiomic machine learning for characterization of prostate lesions with MRI: comparison to ADC values. *Radiology* 2018;289:128-137
 45. Pierre T, Cornud F, Colléter L, Beuvon F, Foissac F, Delongchamps NB, et al. Diffusion-weighted imaging of the prostate: should we use quantitative metrics to better characterize focal lesions originating in the peripheral zone? *Eur Radiol* 2018;28:2236-2245
 46. Woo S, Kim SY, Cho JY, Kim SH. Preoperative evaluation of prostate cancer aggressiveness: using ADC and ADC ratio in determining Gleason score. *AJR Am J Roentgenol* 2016;207:114-120
 47. Bajgirani AM, Mirak SA, Sung K, Sisk AE, Reiter RE, Raman SS. Apparent diffusion coefficient (ADC) ratio versus conventional ADC for detecting clinically significant prostate cancer with 3-T MRI. *AJR Am J Roentgenol* 2019;213:W134-W142
 48. Mehralivand S, Shih JH, Harmon S, Smith C, Bloom J, Czarniecki M, et al. A grading system for the assessment of risk of extraprostatic extension of prostate cancer at multiparametric MRI. *Radiology* 2019;290:709-719
 49. Park KJ, Kim MH, Kim JK. Extraprostatic tumor extension: comparison of preoperative multiparametric MRI criteria and histopathologic correlation after radical prostatectomy. *Radiology* 2020;296:87-95
 50. de Rooij M, Israël B, Barrett T, Giganti F, Padhani AR, Panebianco V, et al. Focus on the quality of prostate multiparametric magnetic resonance imaging: synopsis of the ESUR/ESUI recommendations on quality assessment and interpretation of images and radiologists' training. *Eur Urol* 2020;78:483-485
 51. Shaish H, Feltus W, Steinman J, Hecht E, Wenske S, Ahmed F. Impact of a structured reporting template on adherence to prostate imaging reporting and data system version 2 and on the diagnostic performance of prostate MRI for clinically significant prostate cancer. *J Am Coll Radiol* 2018;15:749-754
 52. Spilseth B, Ghai S, Patel NU, Taneja SS, Margolis DJ, Rosenkrantz AB. A comparison of radiologists' and urologists' opinions regarding prostate MRI reporting: results from a survey of specialty societies. *AJR Am J Roentgenol* 2018;210:101-107
 53. Spilseth B, Margolis DJ, Ghai S, Patel NU, Rosenkrantz AB. Radiologists' preferences regarding content of prostate MRI reports: a survey of the Society of Abdominal Radiology. *Abdom Radiol (NY)* 2018;43:1807-1812
 54. Rosenkrantz AB, Ginocchio LA, Cornfeld D, Froemming AT, Gupta RT, Turkbey B, et al. Interobserver reproducibility of the PI-RADS version 2 lexicon: a multicenter study of six experienced prostate radiologists. *Radiology* 2016;280:793-804
 55. de Rooij M, Israël B, Tummers M, Ahmed HU, Barrett T, Giganti F, et al. ESUR/ESUI consensus statements on multi-parametric MRI for the detection of clinically significant prostate cancer: quality requirements for image acquisition, interpretation and radiologists' training. *Eur Radiol* 2020;30:5404-5416
 56. Turkbey B, Choyke PL. PI-QUAL, a new system for evaluating prostate magnetic resonance imaging quality: is beauty in the eye of the beholder? *Eur Urol Oncol* 2020;3:620-621
 57. Giganti F, Allen C, Emberton M, Moore CM, Kasivisvanathan V; Precision Study Group. Prostate imaging quality (PI-QUAL): a new quality control scoring system for multiparametric magnetic resonance imaging of the prostate from the PRECISION trial. *Eur Urol Oncol* 2020;3:615-619
 58. Purysko AS, Magi-Galluzzi C, Mian OY, Sittenfeld S, Davicioni E, du Plessis M, et al. Correlation between MRI phenotypes and a genomic classifier of prostate cancer: preliminary findings. *Eur Radiol* 2019;29:4861-4870
 59. Mamawala MK, Meyer AR, Landis PK, Macura KJ, Epstein JI, Partin AW, et al. Utility of multiparametric magnetic resonance imaging in the risk stratification of men with grade group 1 prostate cancer on active surveillance. *BJU Int* 2020;125:861-866
 60. Yim JH, Kim CK, Kim JH. Clinically insignificant prostate cancer suitable for active surveillance according to prostate cancer research international: active surveillance criteria: utility of PI-RADS v2. *J Magn Reson Imaging* 2018;47:1072-1079
 61. Luzzago S, Musi G, Catellani M, Russo A, Di Trapani E, Mistretta FA, et al. Multiparametric magnetic-resonance to confirm eligibility to an active surveillance program for low-risk prostate cancer: intermediate time results of a third referral high volume centre active surveillance protocol. *Urol Int* 2018;101:56-64
 62. Moore CM, Giganti F, Albertsen P, Allen C, Bangma C, Briganti A, et al. Reporting magnetic resonance imaging in men on active surveillance for prostate cancer: the PRECISE recommendations—a report of a European school of oncology task force. *Eur Urol* 2017;71:648-655
 63. Panebianco V, Villeirs G, Weinreb JC, Turkbey BI, Margolis DJ, Richenberg J, et al. Prostate magnetic reso-

nance imaging for local recurrence reporting (PI-RR): international consensus-based guidelines on multiparametric magnetic resonance imaging for prostate cancer recurrence after radiation therapy and radical prostatectomy. *Eur Urol Oncol* 2021;4:868-876

64. Rosenkrantz AB, Oto A, Turkbey B, Westphalen AC. Prostate imaging reporting and data system (PI-RADS), version 2: a critical look. *AJR Am J Roentgenol* 2016;206:1179-1183

전립선영상 판독과 자료체계 2.1 버전: 개요와 비판적인 의견

김찬교*

전립선영상 판독과 자료체계 버전 2.1에서는 다중 매개 자기공명영상(multiparametric MRI; 이하 mpMRI)을 사용하는 버전 2의 기술적인 변수와 영상 판독 기준이 개정되었다. 이러한 변화를 통해 전립선암 평가의 발전이 예상지만, 어떤 사항들은 아직까지 해결되지 않았고 새로운 문제점들이 부각되고 있다. 본 종설에서는 전립선영상 판독과 자료체계 2.1 버전의 간단한 개요와 새롭게 부상하는 다음과 같은 문제들에 대해 비판적인 관점에서 논의하고자 한다: mpMRI의 보다 자세한 프로토콜에 대한 필요, 개정된 이행부 판독기준에 대한 검증 부족, 개정된 확산강조영상 및 조영 증강 영상 판독기준, anterior fibromuscular stroma, 중심부 평가, 주변부 신호 및 중앙 공격성, 구조화된 판독문 변화에 대한 명료화의 필요, 영상 품질과 수행능력 제어에 대한 필요 및 기타 적응증을 포함하도록 시스템 확장을 위한 적응증.

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 영상의학과