

晚期前列腺癌患者全身磁共振成像多器官评估思路: MET-RADS-P 解读及应用介绍

刘想, 韩超, 朱丽娜, 王慧慧, 高歌, 吴静云, 王鹤, 张晓东, 王霄英

【摘要】 全身磁共振成像(WB-MRI)对于晚期前列腺癌患者全身转移的诊断和评价治疗后反应有重要价值。但由于 WB-MRI 技术复杂度高,需要制定规范化的图像采集方案和报告标准,才能广泛推广应用。前列腺癌转移报告和数据系统(MET-RADS-P)是由泌尿外科、肿瘤学和影像学专家组对 WB-MRI 采集方案及标准化报告最低要求提出的建议,并提供了结构化报告的推荐模板。本文结合文献综述和自身应用体会对 MET-RADS-P 进行解读。

【关键词】 前列腺肿瘤;前列腺癌转移报告和数据系统;磁共振成像;全身磁共振成像;结构化报告

【中图分类号】 R445.2;R737.25 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2021)03-0326-08
DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.03.008

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



随着晚期前列腺癌治疗方法的增多,针对晚期转移性前列腺癌的精准评估成为前列腺癌患者影像检查的重要任务之一。近年来多参数磁共振成像(multiparametric MRI, mpMRI)广泛应用于前列腺癌的诊断^[1-2],其中 DWI 不仅可检出腺体内肿瘤^[3],也可以检出淋巴结和骨转移病灶^[4-5],更可进一步用于全身肿瘤负荷的评价;既可以基于 DWI 影像表现做定性诊断,也可在 ADC 图上进行定量测量^[6-7]。应用 ⁶⁸Ga 标记 Choline 或前列腺特异性膜抗原(prostate-specific membrane antigen, PSMA)的 PET/CT(⁶⁸Ga-PSMA/Choline)及 PET/MR 是临床评估前列腺癌转移的重要成像技术^[8-11]。PET/CT 在转移病灶的检测中具有较高的敏感性和特异性,但有一定电离辐射,且空间分辨率稍低^[12-13]。PET/MR 具有辐射暴露少和软组织对比度高的优势,但费用高,尚未广泛临床应用^[8,14]。多项研究证明,全身磁共振成像(whole body magnetic resonance imaging, WB-MRI)对晚期前列腺癌患者全身转移的诊断效能与 PET/CT 及 PET/MR 相当^[11,15],不仅可用于疾病诊断,还可用于评价治疗后反应^[16-18]。由于 WB-MRI 技术复杂,需要制定规范化的图像采集方案和报告标准,才能广泛推广应用。

近年来,泌尿外科、肿瘤学和影像学专家组对 WB-MRI 采集方案及标准化报告的最低要求提出了建议,即:前列腺癌转移报告和数据系统(metastasis reporting and data system for prostate cancer, MET-

RADS-P)^[19],并提供了结构化报告的推荐模板^[20]。本文结合文献综述和自身应用体会对 MET-RADS-P 进行解读。

MET-RADS-P 的目标

MET-RADS-P 的目标是评价晚期转移性前列腺癌全身情况,评估临床治疗效果,也可用于临床试验报告。在治疗过程中,前列腺癌全身转移灶对治疗的反应常常不一致,这是前列腺癌全身转移的重要特点,也是影像学评估的难点^[21]。在影像学评估时,既需要对各个局部区域的转移灶做出评价,也需要对全身总体情况做出评价,以利于临床医生做出治疗决策。特别是在开展多中心临床试验时,评价标准必需全面、可重复,在不同机构之间的评价标准要保持一致。

MET-RADS-P 综合了多个相关领域的指南、共识和专家意见^[22-24],它是 WB-MRI 扫描技术、读片方法和影像报告的基本规范,用于晚期转移性前列腺癌患者的基线检查和随访检查。报告内容包括定性诊断(局部和总体分类)和定量测量(病灶大小和 ADC 值)。当全身不同部位的转移灶治疗反应表现不一致时,还要评估继续治疗的获益。

MET-RADS-P 检查规范

在 1.5T 或 3.0T 磁共振扫描仪上完成 WB-MRI 检查,采用的扫描序列包括 T₁WI、T₂WI、DWI。在设备自带的工作站上生成 ADC 图。影像报告标准化的前提是标准的图像,因此各种指南都对影像检查方案有明确的定义^[25-26]。MET-RADS-P 的检查方案扫描范围包括:①脊柱;②头颈躯干部的骨骼、淋巴结、软组

作者单位:100034 北京,北京大学第一医院医学影像科

作者简介:刘想(1995—),女,江西宜春人,博士研究生,主要从事前列腺 mpMRI 诊断及人工智能在医学影像的应用研究。

通信作者:王霄英, E-mail: wangxiaoying@bjmu.edu.cn

基金项目:首都卫生发展科研专项项目(2020-2-40710)

表 1 MET-RADS-P 的检查方案

检查方案	序列号	扫描范围	序列	方向	序列特征	层厚	备注
常规方案	1	全脊柱	T ₁ WI	矢状面	TSE	4~5mm	/
	2	全脊柱	T ₂ WI	矢状面	脂肪抑制首选 STIR, 可选脂肪饱和	4~5mm	/
	3	头颈躯干* (方向 3 选 1)	T ₁ WI	横轴面	1)GRE Dixon;2)多块、连续扫描;3)扫描定位与 DWI 相同	5~7 mm,与 DWI 一致	重建脂像(Fat%)
				冠状面	GRE Dixon	2mm	重建脂像
	3D	FSE	<2mm	* 如行 3D 扫描, 可省略序列 1			
4	头颈躯干*	DWI	横轴面	1)STIR 脂肪抑制;2)多层块、连续扫描;3)双 b 值(低 b 值为 50~100s/mm ² ,高 b 值为 800~1000s/mm ²)或 3b 值(增加中间 b 值 500~600s/mm ²)	5~7mm	1)使用单指数模型计算 ADC 值;2)使用连续多块 b 值 800~1000 s/mm ² 的 DWI 图像进行冠状面 MPR 重建,重建层厚 5 mm;3)使用最高 b 值的 DWI 图像进行 MIP 重建;反转灰度;放射状重建,旋转角度,每 3 度建一幅图像	
可选方案	5	头颈躯干*	T ₂ WI	横轴面	1)TSE 无脂肪抑制;2)多块、连续扫描;3)扫描定位与 DWI 相同	5~7mm,与 DWI 一致	/
	6	局部扫描,肺、盆腔、前列腺、脊柱、脑	/	/	平扫+增强	/	/

注:* 头颈躯干的范围为颅顶到大腿中部。FSE 为快速自旋回波(fast spin echo);GRE 为梯度回波(gradient echo);MPR 为多平面重组(multi-planar reformation);MIP 为最大信号强度投影(maximum intensity projection);STIR 为短时反转恢复序列(short tau inversion recovery);TSE 为快速自旋回波(turbo spin echo)。

组织和内脏;③盆腔局部的肿瘤(表 1)。主要 MR 扫描序列为 T₁WI、T₂WI 和 DWI。常规扫描方案用于骨和淋巴结转移的检测,大约可在 30min 内完成检查;可选扫描方案增加了针对软组织和内脏转移的检测,合计在 45~50min 内完成。

MET-RADS-P 诊断标准

MET-RADS-P 采用了前列腺癌临床试验工作组(Prostate Cancer Working Group, PCWG 3)提出的标准,包括分类诊断和定量诊断^[27]。

1.分类诊断的方法

将评估对象分为 4 组,包括:①淋巴结 3 个区域:盆腔淋巴结、腹膜后淋巴结和其他淋巴结;②脏器 3 个区域:肺、肝、其他软组织和脏器;③前列腺局部病灶 1 个区域:前列腺;④骨骼 7 个区域:颅骨、颈椎、胸椎、腰骶椎、胸廓(锁骨、胸骨、肩胛骨、肋骨)、肢体和骨盆。

如患者为初次检查,则报告各组有无转移灶,以及可测量的转移灶的大小(表 2)。如患者为随访检查,则要对多次检查结果进行比较,根据分类诊断标准做出疾病进展及治疗反应的分类。前 3 组的治疗反应分类评价使用传统的疗效评价标准(response evaluation criteria in solid tumors, RECIST)1.1/PCWG 3(表

2,图 1),骨骼的治疗反应分类评价使用 MET-RADS-P 自定义标准(表 3,图 2~3)。

将上述 4 组对象的评估结果合并起来做出一个综合分类。按 Likert 1-5 给出一个反应评价分类(response assessment category, RAC):1,高度可能反应;

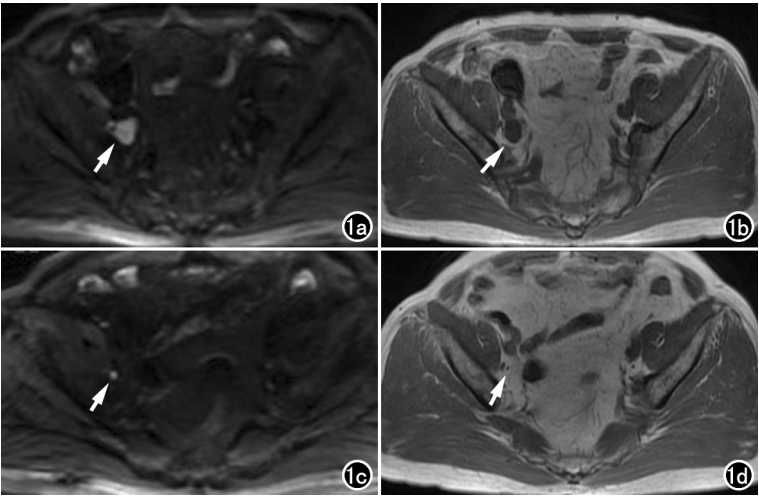


图 1 淋巴结转移治疗反应评估(RECIST v1.1)。男,52 岁,前列腺癌,盆腔肿大淋巴结治疗后部分缓解(PR)。a、b)2018 年 8 月治疗前 DWI(b=800s/mm²)及 T₁WI 图像示右侧髂外肿大淋巴结(箭),长径为 22.19mm。c、d)2019 年 10 月前列腺癌治疗一年后,DWI 及 T₁WI 图像示原右侧髂外肿大淋巴结减小(箭),长径为 6.33 mm。目标病灶的长径值减少 15.86mm,超过 30%,符合 PR。

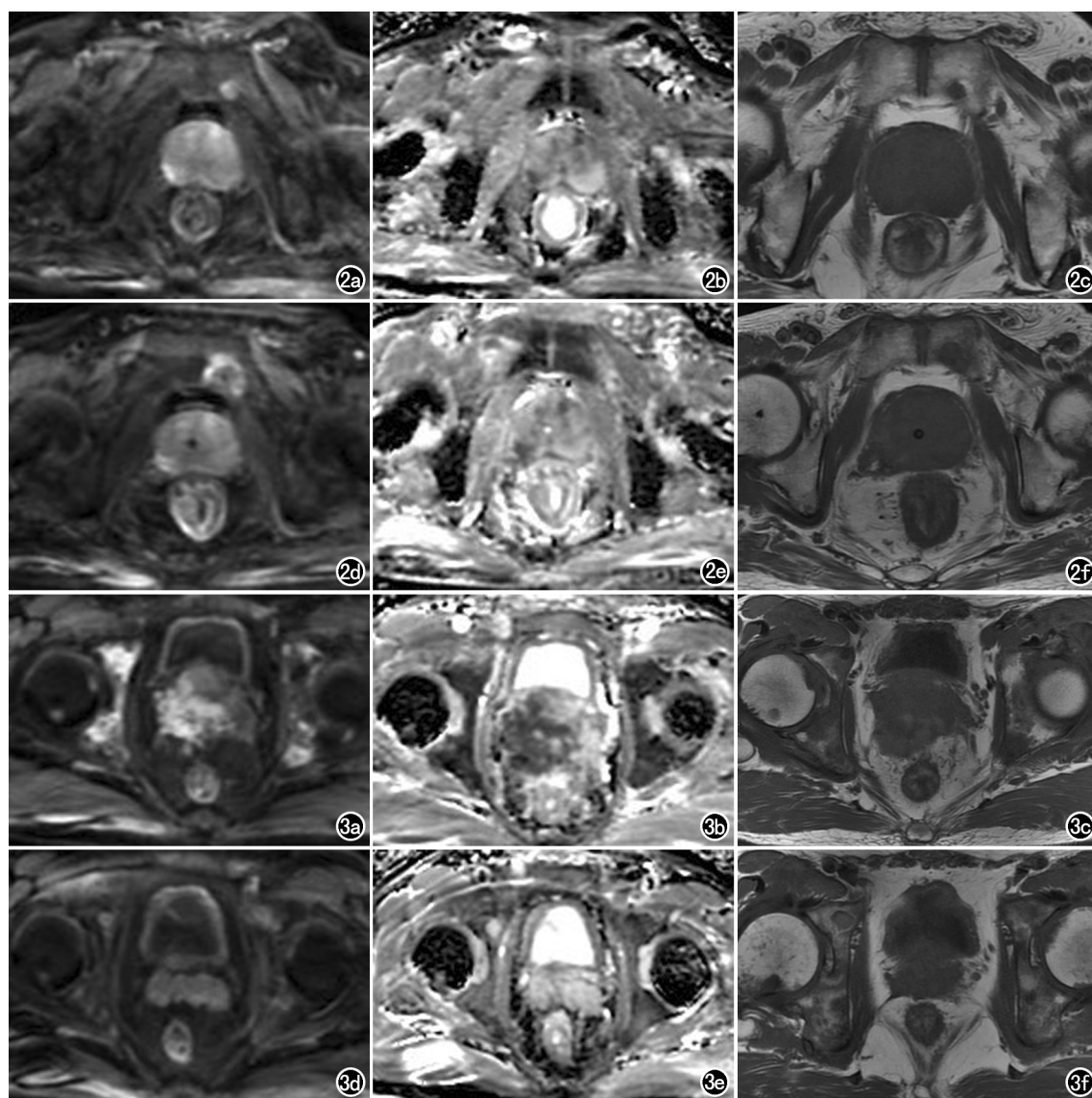


图2 骨转移治疗反应评估(MET-RADS-P 标准)。男,65岁,前列腺癌,左侧耻骨骨转移病灶治疗后反应评估为高度可能进展(RAC-5)。a~c为治疗前(2019年7月),d~f为内分泌治疗1年后(2020年6月)。a)DWI($b=800\text{s/mm}^2$)示左侧耻骨高信号转移灶(箭);b)ADC上低信号病灶(箭);c) T_1 WI上低信号病灶(箭);d)骨转移病灶增大,DWI图上信号强度增强;e)ADC示增大低信号病灶区域;f) T_1 WI示增大低信号病灶区域。图3 骨转移治疗反应评估(MET-RADS-P 标准)。男,58岁,前列腺癌,双侧髌白、股骨头内多发转移灶治疗后反应评估为高度可能反应(RAC-1)。a~c为治疗前(2019年2月),d~f为经内分泌治疗4个月后(2019年6月)。a)治疗前DWI($b=800\text{s/mm}^2$)示双侧髌白、股骨头内多发高信号转移灶(箭);b)ADC示弥漫低信号区域(箭);c) T_1 WI示弥漫低信号区域(箭);d)DWI图像上病灶信号强度降低;e)ADC示低信号区域缩小;f) T_1 WI示低信号区域缩小。

2,可能反应;3,稳定;4,可能进展;5,高度可能进展(表3)。

将上述分类转换成临床医生熟悉的常见肿瘤反应分类写在报告中,具体如下(表3):无病灶(no disease)、完全缓解(complete response, CR)、部分缓解(partial response, PR)、稳定(stable disease, SD)和进展(progressive disease, PD)。评价肿瘤治疗反应时,

应与治疗前基线检查结果做比较,必要时也应与最近一次检查结果做比较。如有新发病灶,则将新发病灶与既往病灶体积增大者分别报告。

分类诊断时,常需要结合ADC值的定量测量结果(表3)。但应注意,对于RAC-1类或RAC-2类,常有DWI/ADC变化和形态学表现不一致的情况。如骨髓硬化、纤维化反应或骨髓脂肪重新出现时,都提示

表 2 MET-RADS-P 肿瘤治疗反应 RECIST v1.1 分类

分类	适用范围	定义	影像表现
CR	前列腺局部病灶, 内脏和软组织,	完全缓解	所有目标病灶都消失
PR	短径≥1.5cm 的淋巴结	部分缓解	以基线目标病灶长径合计值为参照, 目标病灶长径合计值减少超过 30%
SD		稳定	以治疗开始以来的目标病灶最小的长径合计值为参照, 既不符合 PR 也不符合 PD
PD	前列腺局部病灶, 内脏和软组织, 短径≥1.5cm 的淋巴结	进展	出现一个或多个新病灶; 或以治疗开始以来的目标病灶最小的长径合计值为参照, 目标病灶长径合计值增加超过 20%
	短径 1.0~1.5 cm 的淋巴结		以基线或治疗开始以来的最小径为参照, 增长超过 5mm, 且本次评价时淋巴结短径≥1.5cm
	短径<1.0cm 的淋巴结		以基线或治疗开始以来的最小径为参照, 增长超过 5mm, 且本次评价时淋巴结短径≥1.5cm

注: CR 为完全缓解(complete response); PR 为部分缓解(partial response); SD 为稳定(stable disease); PD 为进展(progressive disease)。

表 3 MET-RADS-P 肿瘤治疗反应评估分类

RAC	区域	MET-RADS-P
RAC-1: 高度可能反应	前列腺局部病灶, 内脏和软组织, 淋巴结,	符合 RECIST v1.1/PCWG3 确定的 PR 或 CR
	骨	1)局灶性/弥漫性转移区的骨髓浸润恢复为正常表现;2)局部病灶数量减少及/或体积减小;3)弥漫性浸润转变为局灶性病变;4)骨病灶伴随的软组织肿块体积缩小;5)病灶呈硬化改变,边界变清晰,病灶与正常的交界区变窄;脂肪抑制 T ₂ WI 图像上病灶边缘的高信号消失;6)病灶内及/或病灶周围出现脂肪(点状脂肪/晕征);7)病灶 ADC 值升高:既往明显局灶性病变的 ADC 值从≤1.4×10 ⁻³ mm ² /s 变为>1.4×10 ⁻³ mm ² /s;8)高 b 值 DWI 图像上病灶信号强度减低, ADC 值与基线相比增高≥40%;且形态学表现符合 PR、CR 或 SD。不符合 RECIST v1.1/PCWG3 的 PR 或 CR
RAC-2: 可能反应	前列腺局部病灶, 内脏和软组织, 淋巴结	
	骨	1)有改善的证据,但达不到 RAC-1 的标准。例如: ADC 值从≤1.0×10 ⁻³ mm ² /s 变为<1.4×10 ⁻³ mm ² /s;2)高 b 值 DWI 图像上病灶信号强度减低, ADC 值与基线相比增高>25%但<40%;且形态学表现符合 PR、CR 或 SD
RAC-3: 稳定	全部	未见变化
RAC-4: 可能进展	前列腺局部病灶, 内脏和软组织, 淋巴结	不符合 RECIST v1.1/PCWG3 的 PD
	骨	1)有恶化的证据,但达不到 RAC-5 的标准;出现可疑的新病灶;2)病灶大小无改变,但在高 b 值 DWI 图像上信号增强(ADC 值<1.4×10 ⁻³ mm ² /s),符合可能 PD;3)复发性疾病:之前消失的病灶再次出现,或之前 PR/SD 的病灶增大;4)影像检出的可能有临床意义的骨病变(不包括无重要临床意义的无症状骨折);5)出现椎管内软组织,导致椎管狭窄,不伴神经病变,不需要放疗
RAC-5: 高度可能进展	前列腺局部病灶, 内脏和软组织, 淋巴结	符合 RECIST v1.1/PCWG3 确定的 PD
	骨	1)新发有意义的骨折、脊髓受压,需要放疗或手术治疗,必需符合活动性恶性病变的 MR 信号特征;2)明确的新病灶(≥1cm)或原本正常的骨髓区域出现弥漫的转移性浸润;3)明确的局部病灶,数量增加及/或体积增大;4)病变从局灶性向弥漫性演变;5)出现骨病灶伴随的软组织,或伴随软组织体积增大;6)高 b 值 DWI 图像上出现新的高信号病灶或区域, ADC 值(0.6~1.0)×10 ⁻³ mm ² /s

为治疗有反应,但 ADC 值不一定升高,仍应考虑为 RAC-1 类或 RAC-2 类。

前列腺癌全身多发转移瘤常常对治疗反应不一致,造成评价困难。META-RADS-P 规定当总体评估为 SD 或 PR、但个别病变有进展时,可报告为“不一致反应”或“混合反应”。“不一致反应”可以描述为:“轻微进展”或“明显进展”,其出发点是影像科医生根据影像学表现认为当前的治疗效果不佳,建议使用替代的治疗方案。当单个区域内转移瘤病灶呈现不一致反应时,可以给出 2 个到 3 个 RAC 分类,如 RAC 1st、RAC 2nd 等(图 4)。

2.定量诊断的方法

RECIST v1.1/PCWG3 和 RAC 的分类中均使用了定量指标,包括病灶径线的测量和 ADC 值的测量, META-RADS-P 对测量方法有明确规定。

病灶径线的测量:在 T₁WI 图像上测量转移性病灶长径,无特殊说明时仅对长径>1.5 cm 的转移灶进行测量。

ADC 值的测量:FS T₂WI、DWI 上表现为高信号的含水量增多区域才需要通过测量 ADC 值来定性。骨转移灶在 ADC 图上的测量要求病灶在低、中 b 值的 ADC 图上均可见;ROI 放置于低、中 b 值的 ADC 图上,且应尽可能包括病灶的全部。

定量测量值的比较:将当前软组织病灶的测量值

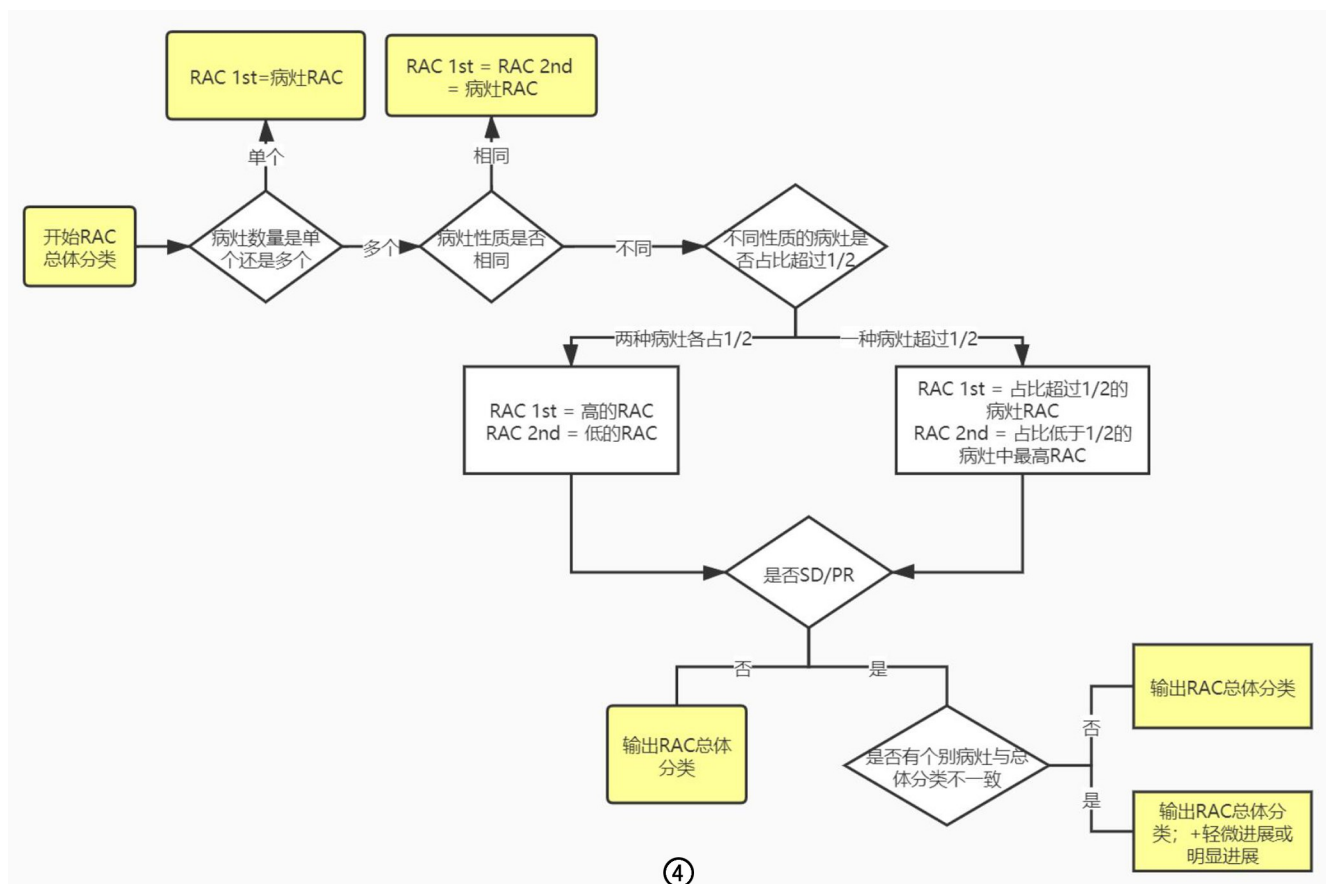


图4 RAC 分类诊断流程。

与既往测量值做比较、判断 RECIST 分类时,有 2 个可能的参考值:基线值或治疗过程中的最低值,二者中选较小者用于比较。

基病灶识别、定位和测量:在基线检查时,所有明确的肿瘤病灶应定位在 14 个区域内:1 个原发灶区域、3 个淋巴结区域、3 个内脏区域和 7 个骨骼区域。骨病灶的测量应在高质量的 T₁WI 上进行。骨、淋巴结和软组织病灶每类最多测量 5 处(长径≥1.5 cm),即最多测量 15 个病灶。潜在的靶病灶应进行测量并记录。非靶病变应记录但不测量。短径≥1.0 cm 但<1.5 cm 的淋巴结被认为是病理性的但不测量。内脏病灶长径≥1.5 cm 时认为是可测量病灶,内脏病灶<1.5 cm 时认为是病理性的但不可测量。

随访反应评估:临床治疗患者的随访时间间隔通常为 12~16 周,发现可疑复发病灶时可缩短随访时间间隔。每次随访报告应对不同解剖区域病灶进行定性评价、定量测量和比较变化来进行反应评估。在基线检查时已经测量过的、确定的病灶应重复测量,并应用 RAC 评估和记录转移模式的变化。原发性疾病、淋巴结、内脏和骨骼病灶的总体反应评估及各个病灶出现的不一致/混合反应也应当记录。

MET-RADS-P 的临床应用

1. 应用现状目前国内外关于 MET-RADS-P 应用的报道较少。Yoshida 等^[28] 在去势抵抗前列腺癌 (castration-resistant prostate cancer, CRPC) 患者的生存率分析研究中发现,骨转移的范围和是否存在内脏转移与 CRPC 的生存率密切相关,且 MET-RADS-P 评分可作为作为 CRPC 预后的影像学生物标志物。MET-RADS-P 可对晚期前列腺癌 (advanced prostate cancer, APC) 患者的转移疾病反应进行可重复的评估。Paola 等^[29] 比较了不同专业水平阅片者在应用 MET-RADS-P 进行转移评估时的一致性,他们发现,不同水平的阅片者在骨转移评估方面的一致性很好,但其他部位的转移评估一致性各有不同。考虑到骨转移评估在 APC 患者中的重要性^[30],应用 MET-RADS-P 可满足临床精确监测前列腺癌转移的需求。

2. 基于 MET-RADS-P 的结构化报告构建

结构式报告的使用有利于 MET-RADS-P 数据的系统化管理^[31-32],我们根据 MET-RADS-P 的标准化要求,结合本单位实际临床工作经验,构建了前列腺 WB-MRI 的结构化报告模板,报告主要包括:扫描方案、临床评估、技术评估、影像所见和诊断印象五部分

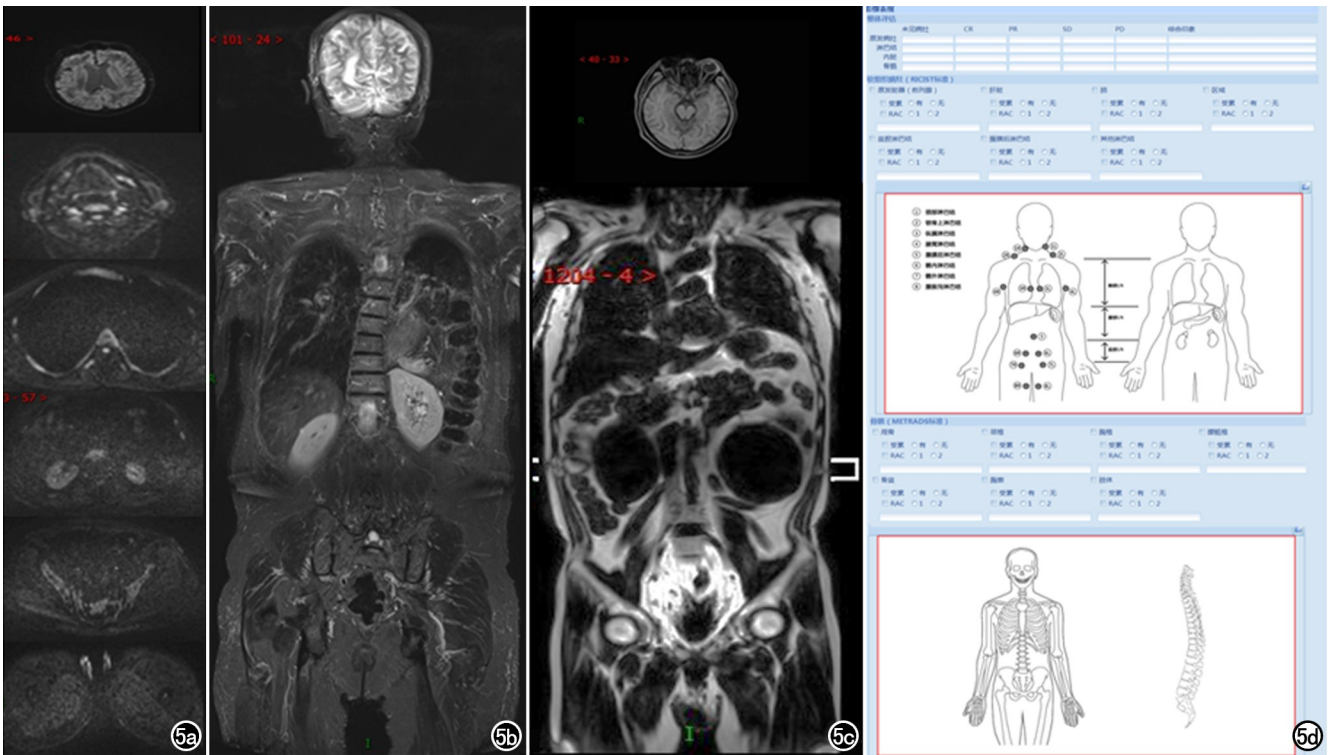


图 5 META-RADS-P 结构化报告。a)前列腺 WB-DWI(头、颈、胸、腹、盆腔、大腿)图像;b)前列腺 WB-MRI T₂WI 图像;c)前列腺 WB-MRI T₁WI 图像;d)META-RADS-P 结构化报告,影像表现主要包括原位肿瘤、全身软组织和淋巴结、全身骨骼等,按照指南要求填写影像特征,自动生成 META-RADS-P 分类报告。

(图 5,表 4)。

表 4 META-RADS-P 结构化报告要点

报告分段	内容
扫描方案	1)脊柱 T ₁ WI、FS T ₂ WI、DWI,重建 ADC;2)头颈躯干 T ₁ WI、FS T ₂ WI、DWI,重建 ADC;3)其他部位平扫+增强(头、胸部、腹部、盆腔)
临床评估	1)检查适应证:基线检查,治疗中随访;2)肿瘤病理,治疗后病理(如有);3)目前和既往治疗:原发性肿瘤的治疗;放射治疗的位置;手术治疗的情况;治疗用药:内分泌药物、抗雄药物、激素、化疗药物、支持性药物(包括类固醇、输血和骨髓生长因子);4)是否复发:去势敏感或去势抵抗;症状部位;已知疾病解剖分布(局部、淋巴结转移或远处转移);5)PSAD 水平:对于 M0-CRPC,应知道其 PSADT,因为短的 PSADT 更可能发生肿瘤的转移和进展
技术评估	1)序列完整;2)技术参数;3)对比剂使用;4)图像伪影:金属伪影、运动伪影、线圈伪影;
影像表现	1)病灶描述:按 14 分区报告解剖位置,记录序列/层面、大小、ADC 值;2)病灶分类:CR、PR、SD、PD;3)其他表现:肾积水,可能的骨事件;4)与既往检查比较
诊断印象	1)整体印象 RAC 1-5;2)变化趋势,不一致改变;3)如有进展,描述新病灶及增大病灶;4)并发症,如肾积水,可能的骨事件;5)建议:随访时间,活检,其他检查

注:PSADT 为 PSA 倍增时间(PSA-doubling time)

2. MET-RADS-P 结构式报告的人工智能接入

在 RIS 系统中预设规则,检查项目为“WB-MRI 前列腺癌全身评估”,在 MR 扫描仪完成 WB-MRI 检查后,DICOM 图像经 PACS 发送到人工智能(artifi-

cial intelligence,AI)服务器,完成图像质量分类、解剖区域分割、转移病灶分割、转移病灶分类后,得到病灶的位置、大小、性质信息,发送到结构化报告服务器。医生打开结构化报告的病灶列表可见软件返回结果,经确认后自动填写在结构化报告中,影像特征存储在结构化报告数据库中(图 6)。

局限性

MET-RADS-P 是一份较为全面系统的报告指南,在实际应用中的操作性较为复杂,目前国内有关其具体的应用情况较少,有一定的局限性。首先是成像技术本身的局限性。WB-DWI 对前列腺癌转移的评价是有局限性的,它不能显示正常大小淋巴结内的微转移^[33-34],对小于 1 cm 的肺转移灶不敏感^[35],无法在未使用对比剂的情况下明确排除脑转移瘤。其次是在实际临床工作中 MET-RADS-P 的宣传教育工作不到位,临床应用过程中的一致性不高,应加大对 MET-RADS-P 的宣传,强调规范化的应用,达到技术操作和诊断标准的一致,这是将 MET-RADS-P 实际应用于临床工作的前提。

结论及展望

MET-RADS-P 系统为晚期转移性前列腺癌患者

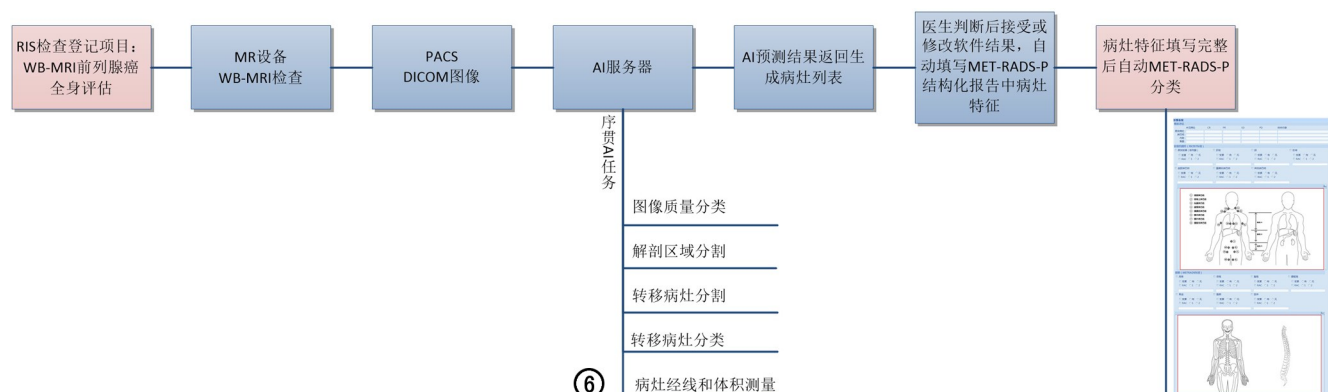


图6 前列腺癌全身转移 AI 接入结构化报告。

的 WB-MRI 基线和随访检查的图像采集、读片和报告提供了最低标准。利用区域和总体评估标准, MET-RADS-P 可用于实际临床工作, 也可用于临床研究中的患者分层。MET-RADS-P 中创新性地提出了骨转移瘤治疗反应分类的新方法, 有可能经过大量临床验证研究之后成为新的诊断标准, 以实现骨转移瘤的精准评价。随着肿瘤精准治疗的进展, 未来有可能将 MET-RADS-P 的标准化模式推广到其他肿瘤, 如乳腺癌全身转移、淋巴瘤和血液病等。全身系统疾病评价的复杂性也为 AI 的引用提供了一个良好的契机。例如应用 AI 进行病灶的自动检测, 应用影像组学对患者状态进行分析等都可有效缓解医生们的工作压力, 优化临床的工作流程^[36-39]。

总之, META-RADS-P 的提出是对晚期前列腺癌全身转移评估的有益尝试, 随着使用经验的增多, 这种疾病的影像诊断可能发生革命性的变化。既往影像学评价通常是给出一个整体概念, 不能体现疾病进展和/或反应的异质性。而随着这种精准的、全身异质性的评价体系的使用, 治疗方案的选择也将发生变化。随着 META-RADS-P 相关研究的进行, 高水平研究证据的积累, 未来借助信息化工具和智能化技术将影像信息和临床信息整合在一起^[40], 将能做出更好的临床决策, 提升影像服务的临床价值。

志谢: 感谢北京赛迈特锐医学科技有限公司张虽虽、赵治锋、吕磊、段博文在结构化报告构建的贡献, 张靖远、王祥鹏、刘伟鹏参与 AI 工作的讨论。

参考文献:

- [1] 赵承琳, 高歌, 李飞宇, 等. 探讨高低场强多参数 MRI 对 PI-RADS (第 2 版) 定性诊断前列腺临床显著癌的价值[J]. 放射学实践, 2017, 32(4): 414-417.
- [2] 吴静云, 张晓东, 王蕊, 等. 前列腺 MRI 影像生物样本库的建设探索[J]. 肿瘤影像学, 2016, 25(2): 123-126.
- [3] Boesen L. Multiparametric MRI in detection and staging of prostate cancer[J]. Dan Med J, 2017, 64(2): B5327.
- [4] 中华放射学杂志前列腺疾病诊疗工作组, 中华放射学杂志编辑委

员会前列腺癌 MRI 检查和诊断共识(第二版)[J]. 中华放射学杂志, 2018, 52(10): 743-750.

- [5] 廖光星, 冷志欣, 肖国有. 前列腺癌骨转移影像诊断方法研究进展[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2016, 40(6): 464-468.
- [6] 王宁博. 1.5T 磁共振多 b 值 DWI 及 ADC 值定量分析在前列腺癌与前列腺增生诊断的价值研究[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2020, 18(5): 35-37.
- [7] Barnes A, Alonzi R, Blackledge M, et al. UK quantitative WB-DWI technical workgroup: consensus meeting recommendations on optimisation, quality control, processing and analysis of quantitative whole-body diffusion-weighted imaging for cancer[J]. Br J Radiol, 2018, 91(1081): 20170577.
- [8] Park SY, Zacharias C, Harrison C, et al. Gallium 68 PSMA-11 PET/MR imaging in patients with intermediate- or high-risk prostate cancer[J]. Radiology, 2018, 288(2): 495-505.
- [9] Ost P, Jereczek-Fossa BA, Van As N, et al. Pattern of progression after stereotactic body radiotherapy for oligometastatic prostate cancer nodal recurrences[J]. Clin Oncol (R Coll Radiol), 2016, 28(9): e115-e120.
- [10] Sobol I, Zaid HB, Haloi R, et al. Contemporary mapping of post-prostatectomy prostate cancer relapse with ¹¹C-choline positron emission tomography and multiparametric magnetic resonance imaging[J]. J Urol, 2017, 197(1): 129-134.
- [11] Lecouvet FE, Oprea-Lager DE, Liu Y, et al. Use of modern imaging methods to facilitate trials of metastasis-directed therapy for oligometastatic disease in prostate cancer: a consensus recommendation from the EORTC imaging group[J]. Lancet Oncol, 2018, 19(10): e534-e545.
- [12] Shen G, Deng H, Hu S, et al. Comparison of choline-PET/CT, MRI, SPECT, and bone scintigraphy in the diagnosis of bone metastases in patients with prostate cancer: a meta-analysis[J]. Skeletal Radiol, 2014, 43(11): 1503-1513.
- [13] Soldatov A, von Klot CAJ, Walacides D, et al. Patterns of progression after ⁶⁸Ga-PSMA-ligand PET/CT-guided radiation therapy for recurrent prostate cancer[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2019, 103(1): 95-104.
- [14] Antoch G, Bockisch A. Combined PET/MRI: a new dimension in whole-body oncology imaging? [J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2009, 36(Suppl 1): S113-S120.
- [15] Pasoglou V, Larbi A, Collette L, et al. One-step TNM staging of

- high-risk prostate cancer using magnetic resonance imaging (MRI): toward an upfront simplified "all-in-one" imaging approach? [J]. *Prostate*, 2014, 74(5): 469-477.
- [16] Sawicki LM, Kirchner J, Buddensieck C, et al. Prospective comparison of whole-body MRI and ⁶⁸Ga-PSMA PET/CT for the detection of biochemical recurrence of prostate cancer after radical prostatectomy[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2019, 46(7): 1542-1550.
- [17] Johnston EW, Latifoltojar A, Sidhu HS, et al. Multiparametric whole-body 3.0T MRI in newly diagnosed intermediate- and high-risk prostate cancer: diagnostic accuracy and interobserver agreement for nodal and metastatic staging[J]. *Eur Radiol*, 2019, 29(6): 3159-3169.
- [18] Lecouvet FE, Simon M, Tombal B, 等. 比较全身 MRI(WB-MRI) 与中轴骨 MRI(AS-MRI) 对前列腺癌(PCa) 骨转移瘤的检出与计量[J]. *国际医学放射学杂志*, 2011, 34(1): 101-102.
- [19] Padhani AR, Lecouvet FE, Tunariu N, et al. METastasis reporting and data system for prostate cancer: practical guidelines for acquisition, interpretation, and reporting of whole-body magnetic resonance imaging-based evaluations of multiorgan involvement in advanced prostate cancer[J]. *Eur Urol*, 2017, 71(1): 81-92.
- [20] Padhani AR, Tunariu N. Metastasis reporting and data system for prostate cancer in practice[J]. *Magn Reson Imaging Clin N Am*, 2018, 26(4): 527-542.
- [21] 王慧慧, 何群, 沈棋, 等. 第 2 版前列腺影像报告和数据系统多参数 MRI 对前列腺癌漏诊及误诊的分析[J]. *中国医学影像学杂志*, 2017, 25(12): 933-936.
- [22] 王慧慧, 李玮, 王蕊, 等. 基于第 2 版前列腺影像报告和数据系统的前列腺多参数 MRI 技术要求[J]. *肿瘤影像学*, 2016, 25(2): 106-110.
- [23] 秦岫波, 王蕊, 高歌, 等. 前列腺多参数 MRI 报告进展: 基于第 2 版前列腺影像报告和数据系统的结构化报告的构建[J]. *肿瘤影像学*, 2016, 25(2): 111-116.
- [24] 高歌, 王成彦, 赵凯, 等. 前列腺癌多参数 MRI 计算机辅助诊断系统的构建[J]. *肿瘤影像学*, 2016, 25(2): 117-122.
- [25] Coakley FV, Oto A, Alexander LF, et al. ACR appropriateness criteria[®] prostate cancer-pretreatment detection, surveillance, and staging[J]. *J Am Coll Radiol*, 2017, 14(5S): S245-S257.
- [26] 杜婧, 王霄英. ACR 影像报告及数据系统介绍[J]. *放射学实践*, 2016, 31(4): 331-335.
- [27] Scher HI, Morris MJ, Stadler WM, et al. Trial design and objectives for castration-resistant prostate cancer: updated recommendations from the prostate cancer clinical trials working group 3 [J]. *J Clin Oncol*, 2016, 34(12): 1402-1418.
- [28] Yoshida S, Takahara T, Ishii C, et al. METastasis reporting and data system for prostate cancer as a prognostic imaging marker in castration-resistant prostate cancer[J]. *Clin Genitourin Cancer*, 2020, 18(4): e391-e396.
- [29] Pricolo P, Ancona E, Summers P, et al. Whole-body magnetic resonance imaging (WB-MRI) reporting with the METastasis Reporting and Data System for Prostate Cancer (MET-RADS-P): inter-observer agreement between readers of different expertise levels[J]. *Cancer Imaging*, 2020, 20(1): 77.
- [30] Perez-Lopez R, Lorente D, Blackledge MD, et al. Volume of bone metastasis assessed with whole-body diffusion-weighted imaging is associated with overall survival in metastatic castration-resistant prostate cancer[J]. *Radiology*, 2016, 280(1): 151-160.
- [31] 张建军, 曹敏, 高歌, 等. 基于 PI-RADS 结构化报告的医师培训效果分析[J]. *放射学实践*, 2016, 31(12): 1133-1137.
- [32] 曹敏, 郭小超, 张来运, 等. 医学影像结构化报告的现状和展望[J]. *放射学实践*, 2016, 31(12): 1130-1132.
- [33] An H, Tao N, Li J, et al. Detection of prostate cancer metastasis by whole body magnetic resonance imaging combined with bone scintigraphy and PSA levels[J]. *Cell Physiol Biochem*, 2016, 40(5): 1052-1062.
- [34] Li C, Liu ZS, Du XM, et al. Clinical value of whole-body magnetic resonance diffusion weighted imaging on detection of malignant metastases[J]. *Chin Med Sci J*, 2009, 24(2): 112-116.
- [35] Usuda K, Funazaki A, Maeda R, et al. Economic benefits and diagnostic quality of diffusion-weighted magnetic resonance imaging for primary lung cancer[J]. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*, 2017, 23(6): 275-280.
- [36] Zhu Y, Wei R, Gao G, et al. Fully automatic segmentation on prostate MR images based on cascaded fully convolution network [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2019, 49(4): 1149-1156.
- [37] Gao G, Wang C, Zhang X, et al. Quantitative analysis of diffusion-weighted magnetic resonance images: differentiation between prostate cancer and normal tissue based on a computer-aided diagnosis system[J]. *Sci China Life Sci*, 2017, 60(1): 37-43.
- [38] Zhao K, Wang C, Hu J, et al. Prostate cancer identification: quantitative analysis of T₂-weighted MR images based on a back propagation artificial neural network model[J]. *Sci China Life Sci*, 2015, 58(7): 666-673.
- [39] 高歌, 马帅, 王霄英. 计算机辅助诊断在医学影像诊断中的基本原理和应用进展[J]. *放射学实践*, 2016, 31(12): 1127-1129.
- [40] 高歌, 胡娟, 王成彦, 等. 整合临床及多参数 MRI 信息的前列腺癌 CAD 系统: 诊断效能研究[J]. *放射学实践*, 2016, 31(12): 1143-1145.

(收稿日期: 2020-09-07 修回日期: 2020-10-30)