

# 认知融合及影像融合在前列腺穿刺活检中的应用\*

黄尚<sup>1</sup> 毕学成<sup>1</sup> 李腾<sup>1</sup> 陈汉忠<sup>1</sup> 蒲小勇<sup>1</sup> 刘久敏<sup>1</sup>

**[摘要]** 目的:探讨多参数磁共振(mpMRI)图像引导下,认知融合及影像融合的前列腺靶向穿刺活检术及传统系统性穿刺活检术对前列腺癌检出能力的对比。方法:回顾性收集2017年8月1日~2019年3月31日我院mpMRI提示前列腺癌的初次穿刺活检患者,按照所行的靶向穿刺方法分为认知融合组(COG组)及影像融合组(FUS组),两组分别行认知融合靶向穿刺(COG-TB)及影像融合靶向穿刺(FUS-TB)后,再行常规系统性穿刺活检(TRUS-SB)。对比两组组内与组间靶向穿刺及系统性穿刺的结果。对于行前列腺根治性切除术(RP)的患者,以根治标本作为金标准与两组穿刺结果进行对比。结果:COG组纳入78例患者,FUS组纳入24例患者,比较COG组、FUS组的靶向穿刺及系统性穿刺发现,COG组 COG-TB vs. COG组 TRUS-SB vs. FUS组 FUS-TB vs. FUS组 TRUS-SB的前列腺癌检出率(60.3% vs. 61.5% vs. 58.3% vs. 62.5%,  $P=0.99$ ),有临床意义前列腺癌检出率(55.1% vs. 55.1% vs. 58.3% vs. 58.3%,  $P=0.97$ )、Gleason评分[(7.8±1.1) vs. (7.6±0.8) vs. (7.7±1.1) vs. (7.6±1.0),  $P=0.93$ ]及ISUP分级[(3.5±1.2) vs. (3.4±1.3) vs. (3.5±1.0) vs. (3.3±1.3),  $P=0.97$ ]比较差异均无统计学意义。以根治标本作为金标准,COG组 COG-TB vs. TRUS-SB vs. RP的Gleason评分[(7.5±1.0) vs. (7.4±1.0) vs. (7.6±1.2),  $P=0.73$ ]及ISUP分级[(3.1±1.1) vs. (3.1±1.3) vs. (3.4±1.4),  $P=0.66$ ]比较差异无统计学意义,FUS组 FUS-TB vs. TRUS-SB vs. RP的Gleason评分[(7.6±0.8) vs. (7.6±1.0) vs. (7.6±0.9),  $P=0.98$ ]及ISUP分级[(3.5±1.0) vs. (3.4±1.2) vs. (3.6±0.9),  $P=0.92$ ]比较差异亦无统计学意义。结论:在前列腺初次穿刺活检患者中,认知融合、影像融合及常规系统性穿刺对前列腺癌的检出率、有临床意义前列腺癌的检出率无明显差异,以根治标本作为金标准,靶向融合未明显低估前列腺癌的Gleason评分及ISUP分级。mpMRI影像引导下的靶向穿刺是临床有效、可行的穿刺方式。

**[关键词]** 前列腺癌;磁共振;穿刺活检

doi:10.13201/j.issn.1001-1420.2020.07.010

**[中图分类号]** R737.25 **[文献标志码]** A

## Evaluation of cognitive fusion and image fusion in prostate biopsy: a retrospective cohort study

HUANG Shang BI Xuecheng LI Teng CHEN Hanzhong PU Xiaoyong LIU Jiumin  
(Department of Urology, Guangdong Provincial People's Hospital, Guangdong Academy of  
Medical Sciences, Guangzhou, 510080, China)

Corresponding Author: LIU Jiumin, E-mail: jiumin8388@163.com

**Abstract Objective:** Cognitive fusion and image fusion are two main methods of multiparametric magnetic resonance imaging(mpMRI)-guided targeted prostate biopsy. A retrospective study is conducted to evaluate the efficacy of cognitive fusion, image fusion and systematic biopsy on detecting prostate cancer. **Method:** Patients who were mpMRI positive of prostate cancer without prior biopsy from Aug 1<sup>st</sup>, 2017 to March 31<sup>st</sup>, 2019 were enrolled in this study. Patients underwent cognitive fusion(COG-TB) with concurrent systematic biopsy(TRUS-SB) and image fusion(FUS-TB) with concurrent TRUS-SB were grouped into COG and FUS group respectively. Detection rate of prostate cancer, clinically significant prostate cancer, Gleason score and ISUP grade were studied. Data from patients underwent radical prostatectomy(RP) were also analyzed and radical samples were used as gold standard. **Result:** Seventy-eight patients underwent COG-TB+TRUS-SB and were fitted into COG group. Twenty-four patients underwent FUS-TB+TRUS-SB and were fitted into FUS group. Detection rate of prostate cancer in COG-TB vs concurrent TRUS-SB vs. FUS-TB vs concurrent TRUS-SB was 60.3% vs. 61.5% vs. 58.3% vs. 62.5%,  $P=0.99$ . No significant difference was found. Detection rate of clinically significant prostate cancer(55.1% vs. 55.1% vs. 58.3% vs. 58.3%,  $P=0.97$ ), Gleason score [(7.8±1.1) vs. (7.6±0.8) vs. (7.7±1.1) vs. (7.6±1.0),  $P=0.93$ ], ISUP grade [(3.5±1.2) vs. (3.4±1.3) vs. (3.5±1.0) vs. (3.3±1.3),  $P=0.97$ ] were also comparable among biopsy methods stated above. In patients underwent RP, no significant differences were found in Gleason score of COG-TB vs. concurrent TRUS-SB vs. RP [(7.5±1.0) vs. (7.4±1.0) vs. (7.6±1.2),  $P=0.73$ ] and in ISUP grade [(3.1±1.1) vs. (3.1±1.3) vs. (3.4±1.4),  $P=0.66$ ].

\*基金项目:广东省医学科学技术研究基金项目(No:B2018208)

<sup>1</sup>广东省人民医院泌尿外科 广东省医学科学院(广州,510080)

通信作者:刘久敏,E-mail:jiumin8388@163.com

Gleason score  $[(7.6 \pm 0.8)$  vs.  $(7.6 \pm 1.0)$  vs.  $(7.6 \pm 0.9)$ ,  $P=0.98]$  and ISUP grade  $[(3.5 \pm 1.0)$  vs.  $(3.4 \pm 1.2)$  vs.  $(3.6 \pm 0.9)$ ,  $P=0.92]$  of FUS-TB vs concurrent TRUS-SB vs RP were also comparable. **Conclusion:** No significant differences were found among COG-TB, FUS-TB and concurrent TRUS-SB in detection rate of prostate cancer, detection rate of clinically significant prostate cancer, Gleason score and ISUP grade. No significant differences of Gleason score and ISUP grade were found among COG-TB, TRUS-SB and RP specimen or among FUS-TB, TRUS-SB and RP specimen. Our conclusion shows both COG-TB and FUS-TB are feasible in biopsy-naïve patients.

**Key words** prostate neoplasms; magnetic resonance imaging; biopsy

前列腺癌是老年男性群体中最常见的肿瘤之一。经直肠超声(transrectal ultrasound, TRUS)引导下的系统性前列腺穿刺活检术(TRUS-guided systematic biopsy, TRUS-SB)是目前前列腺癌诊断的金标准。TRUS对前列腺癌病灶的检出率较差,仅约25%~55%<sup>[1-2]</sup>,无法准确定位前列腺癌病灶,限制了精准靶向穿刺技术的应用。多参数磁共振(multiparametric magnetic resonance imaging, mpMRI)是目前检测前列腺癌病灶的最准确影像学检查,对有临床意义的前列腺检出率可达63%~100%<sup>[3]</sup>。将mpMRI图像与TRUS图像融合,有助于在穿刺活检时寻找前列腺癌病灶。

目前已有3种融合方式引导下的靶向穿刺活检:mpMRI直接引导、依靠操作者的mpMRI-TRUS认知融合引导(cognitive fusion-targeted biopsy, COG-TB)及依靠电脑软件的mpMRI-TRUS影像融合引导(image fusion-targeted biopsy, FUS-TB)。Wegelin等<sup>[4]</sup>综述了43篇研究人群为再次穿刺患者的认知融合及影像融合的研究,发现2种融合方式在前列腺癌的检出率无明显差异。FUTURE研究亦发现再次穿刺的患者人群中认知融合及影像融合对前列腺癌的检出率无明显差异,且与TRUS-SB的检出率比较无明显差异<sup>[5]</sup>。综合已有结果,可以发现再次穿刺患者人群中,FUS-TB及COG-TB的前列腺癌检出率无明显差异,与TRUS-SB相比亦无明显差异。但是,在初次穿刺患者人群中对FUS-TB及COG-TB的研究尚少,二者的优劣及与TRUS-SB的对比仍无定论。由于FUS-TB需购买相关软件及器材设备,成本较高,研究2种靶向穿刺技术的适用范围对进一步推广靶向穿刺从而减少感染、血尿等并发症意义重大。本研究为回顾性队列研究,纳入有前列腺穿刺指征的初次穿刺患者,在该患者人群中对FUS-TB、COG-TB及TRUS-SB对前列腺癌的检出率,为进一步临床应用提供数据支持。

**1 资料与方法**

**1.1 临床资料**

回顾性收集2017年8月1日~2019年3月31日我院mpMRI提示前列腺癌的初次穿刺活检患者。共110例患者符合纳入标准,8例患者因符

合排除标准而剔除,102例患者参与本研究。其中78例患者进行了认知融合靶向穿刺+系统性穿刺(COG组),24例患者进行了影像软件融合靶向穿刺+系统性穿刺(FUS组)。COG组与FUS组年龄、PSA、PI-RADS评分、表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)、病灶直径、前列腺体积比较,差异均无统计学意义。见表1。

**表 1 患者临床特征**  
中位数(四分位距)

指标	COG组 (n=78)	FUS组 (n=24)	P
年龄/岁	68.7±9.0	69.9±8.6	0.55
PSA/(ng·mL <sup>-1</sup> )	12.1 (7.3~23.5)	13.6 (8.1~20.0)	0.56
PI-RADS评分/分	4.0 (3.8~4.2)	4.0 (3.7~4.4)	0.89
ADC/(×10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	0.8 (0.7~0.8)	0.7 (0.7~0.8)	0.18
病灶直径/mm	13.5 (8.8~21.0)	13.5 (9.0~25.5)	0.55
前列腺体积/mL	70.6±14.8	68.4±17.5	0.54

**1.2 纳入及排除标准**

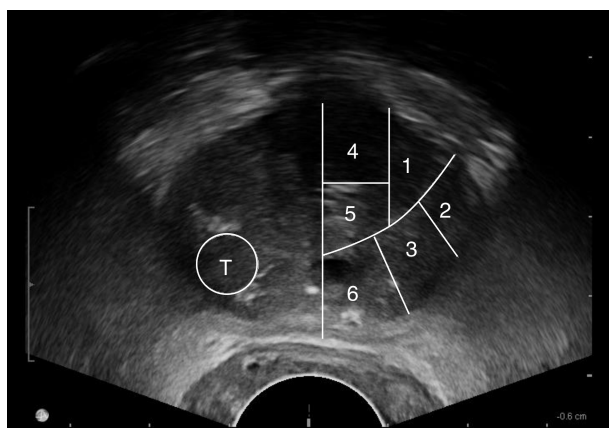
纳入标准:①PSA≥4.0 ng/mL;②mpMRI提示前列腺至少有1个可疑癌病灶,即前列腺影像报告和数据库系统(prostate imaging reporting and data system, PI-RADS)评分≥3。排除标准:①局部有既往活检史、手术史、外伤史;②穿刺活检未按研究方案进行;③PSA大于检测上限。

**1.3 mpMRI序列选择**

mpMRI检查均采用3.0T磁共振进行,采用T2加权(T2 weighted, T2W)序列、弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)序列计算的ADC、动态对比增强(dynamic contrast enhanced, DCE)序列参照前列腺影像报告和数据库系统(prostate imaging reporting and data system, PI-RADS)综合判断前列腺癌病灶。其中,DWI的b值取1300 s/mm<sup>2</sup>,利用MRI影像系统计算ADC。

### 1.4 穿刺活检

两组患者均摆截石位,采用静脉全麻复合穿刺针道局部麻醉。COG 组在准备完毕后对比 mpMRI 影像及 TRUS 影像,采用 BK 公司经直肠双平面超声探头,在 mpMRI 提示的每个前列腺癌病灶均进行 2 针经会阴靶向穿刺活检;FUS 组事先将 mpMRI 影像导入 BK 公司影像融合软件,穿刺时在 TRUS 影像上实时标记前列腺癌病灶的位置,在 BK 影像融合系统的引导下,以 BK 公司经直肠双平面探头对每个前列腺癌病灶均进行 2 针经会阴靶向穿刺活检。COG 组及 FUS 组均在靶向穿刺活检后,再在 TRUS 引导下常规 12 针经会阴系统性穿刺活检,即 TRUS-SB。行系统性穿刺活检时,将可疑病灶最大径所在的前列腺水平面均分为 12 个区域,每个区域均穿刺一针获取标本,而不着重穿刺或刻意避开 mpMRI 可疑病灶,靶向穿刺及系统性穿刺位点示意图见图 1。穿刺活检的标本交病理科医师,所有标本的穿刺方式均对病理科医师单盲。



T 为可疑病灶,此处行 2 针靶向穿刺,1~6 为 12 针系统性穿刺的左侧叶位置示意图,其中 1、4、5 位于移行带或中央带,2、3、6 位于外周带,穿刺右侧叶时位置选择同左侧叶。行系统性穿刺活检时,不着重穿刺或刻意避开 mpMRI 可疑病灶。

图 1 靶向穿刺及系统性穿刺的示意图

### 1.5 统计学方法

对结果进行两组组内靶向穿刺及系统性穿刺分析,以及组间靶向穿刺及系统性穿刺的分析。主要终点为前列腺癌的检出率,次要终点为有临床意义的前列腺癌检出率、Gleason 评分、国际泌尿病理协会(International Society of Urological Pathology, ISUP)分级。有临床意义的前列腺癌定义为:ISUP $\geq 2$ 。此外,两组患者的年龄、PSA 值、PI-RADS 评分、ADC、前列腺体积、病灶长径等基线情况也参与统计。对于行前列腺根治性切除术(radi-

cal prostatectomy, RP)的患者进行单独分层,以根治标本作为“金标准”对比 COG 组及 FUS 组的 Gleason 评分及 ISUP 分级并分析。应用 Graphpad Prism 7 统计软件对数据进行分析,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,连续变量采用 *t* 检验或单因素方差分析(one-way analysis of variance, one-way ANOVA),分类变量采用卡方检验或 Fisher 精确检验,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 主要及次要终点对比

COG 组共检出 48 例前列腺癌,其中认知融合靶向穿刺活检(COG-TB)检出 47 例,检出率 60.3%;系统性穿刺活检(TRUS-SB)检出 48 例,检出率 61.5%。FUS 组共检出 15 例前列腺癌,其中软件融合靶向穿刺活检(FUS-TB)检出 14 例,检出率 58.3%,TRUS-SB 检出 15 例,检出率 62.5%。COG 组内的靶向穿刺活检与系统性活检、FUS 组内靶向穿刺活检与系统性活检、COG 组 COG-TB 与 FUS 组 FUS-TB 2 种融合方式的靶向穿刺活检相比,前列腺癌的总检出率均无显著性差异( $P = 0.99$ )。COG 组共检出 43 例有临床意义的前列腺癌,COG-TB 与 TRUS-SB 均检出 43 例,检出率 55.1%;FUS 组共检出 14 例有临床意义前列腺癌,FUS-TB 及 TRUS-SB 均检出 14 例,检出率 58.3%,COG 组内的靶向穿刺活检与系统性活检、FUS 组内靶向穿刺活检与系统性活检、COG 组 COG-TB 与 FUS 组 FUS-TB 2 种融合方式的靶向穿刺活检相比,有临床意义前列腺癌的检出率均无显著性差异( $P = 0.97$ )。见表 2。

表 2 COG 组 COG-TB、TRUS-SB 及 RP 的 Gleason 评分及 ISUP 分级比较

项目	COG-TB	TRUS-SB	RP	$\bar{x} \pm s$	<i>P</i>
Gleason 评分	7.5 $\pm$ 1.0	7.4 $\pm$ 1.0	7.6 $\pm$ 1.2	7.5 $\pm$ 1.1	0.73
ISUP 分级	3.1 $\pm$ 1.1	3.1 $\pm$ 1.3	3.4 $\pm$ 1.4	3.2 $\pm$ 1.3	0.66

COG 组的 COG-TB、TRUS-SB 及 FUS 组的 FUS-TB、TRUS-SB 检出的 Gleason 评分分别为(7.8 $\pm$ 1.1)分、(7.6 $\pm$ 0.8)分、(7.7 $\pm$ 1.1)分、(7.6 $\pm$ 1.0)分,各组比较均无统计学差异( $P = 0.93$ )。同样,COG 组的 COG-TB、TRUS-SB 及 FUS 组的 FUS-TB、TRUS-SB 检出的 ISUP 分级分别为 3.5 $\pm$ 1.2、3.4 $\pm$ 1.3、3.5 $\pm$ 1.0、3.3 $\pm$ 1.3,各组比较差异均无统计学意义( $P = 0.97$ )。

### 2.2 行 RP 的患者中不同穿刺方法的 ISUP 分级、Gleason 评分与根治标本对比分析

COG 组的 48 例前列腺癌患者中 36 例行 RP, FUS 组的 15 例前列腺癌患者中 12 例行 RP。

COG 组的 COG-TB、TRUS-SB 与术后 RP 标本相比, Gleason 评分、ISUP 分级差异均无统计学意义; FUS 组的 FUS-TB、TRUS-SB 与术后 RP 标本相比, Gleason 评分、ISUP 分级差异无统计学意义。见表 3。

表 3 FUS 组 FUS-TB、TRUS-SB 及 RP 的 Gleason 评分及 ISUP 分级比较  $\bar{x} \pm s$

项目	FUS-TB	TRUS-SB	RP	P
Gleason 评分	7.6±0.8	7.6±1.0	7.6±0.9	0.98
ISUP 分级	3.5±1.0	3.4±1.2	3.6±0.9	0.92

### 3 讨论

前列腺穿刺活检是诊断前列腺癌的必要条件, 由于 TRUS 对前列腺癌病灶的敏感性及特异性均低, TRUS 引导下无法进行前列腺癌病灶的精准靶向穿刺活检, 仅能进行系统性穿刺活检。Borghesi 等<sup>[6]</sup>综述 TRUS 引导下前列腺系统性穿刺活检的并发症发生情况, 血尿持续 > 3 d 的患者约 22.6%, 急性尿潴留发生率约 1.7%~11.1%, 且与穿刺针数呈正相关, Ehdaie 等<sup>[7]</sup>和 Loeb 等<sup>[8]</sup>发现重复穿刺的患者败血症等严重感染的发生率显著高于初次穿刺患者。因此增加前列腺癌的检出率, 减少穿刺次数及穿刺针数是前列腺穿刺活检技术研究的热点。mpMRI 提高了影像学检查对前列腺癌病灶的检出率, 对 Gleason 评分 ≥ 7 分、肿瘤直径 ≥ 1 cm 的前列腺癌病灶检出率可达 85%~95%<sup>[9]</sup>。利用 mpMRI 影像引导前列腺穿刺活检, 是前列腺穿刺活检技术的发展趋势。

目前共有 3 种 mpMRI 影像引导下的前列腺穿刺活检技术, 即 MRI 直接引导、mpMRI-TRUS 认知融合(即 COG-TB)及 mpMRI-TRUS 影像融合(即 FUS-TB)。FUTURE 研究显示 3 种穿刺技术对前列腺癌病灶的总体检出率无显著性差异<sup>[5]</sup>, 但该研究主要纳入需再次穿刺的患者人群, 且在穿刺活检时同时行靶向穿刺及系统性穿刺的配对研究较少。PAIREDCAP 研究针对初次穿刺患者对比 FUS-TB 与 COG-TB, 发现靶向穿刺结合系统性穿刺的前列腺癌检出率最高, 其次为 FUS-TB 及 COG-TB, 差异有统计学意义<sup>[10]</sup>, 但该研究将 PSA > 25 ng/mL 作为排除标准, 我国前列腺癌患者诊断时病程处于早期的较少, 若在我国人群中直接套用 PAIREDCAP 研究或其他类似研究的结果, 会造成选择偏倚。

本研究纳入初次穿刺患者, 在靶向穿刺活检的同时行系统性穿刺活检, 发现 COG-TB 及 FUS-TB 与 TRUS-SB 相比, 对前列腺癌的总体检出率及有临床意义的前列腺癌检出率均无显著性差异, 检出

的 Gleason 评分、ISUP 分级等亦无显著性差异, 说明无论 COG-TB 还是 FUS-TB, 均不会低估前列腺癌 Gleason 评分与 ISUP 分级, 不会造成进一步的诊疗方案选择失误。PRECISION 研究显示单纯 COG-TB 或 FUS-TB 非劣效于 TRUS-SB<sup>[11]</sup>, 与本研究结论相符, 亦提示使用靶向穿刺活检代替系统性穿刺活检的可能性。此外, 既往研究显示靶向穿刺可以检出更多有临床意义的前列腺癌<sup>[4]</sup>, 但本研究未支持这一结论, 这可能和本研究的研究对象为初次活检患者有关, 以初次活检患者作为研究对象增强了系统性穿刺活检的检出效能。本研究提示在初次穿刺活检的患者中, 采用 COG-TB 或 FUS-TB 的靶向穿刺代替或辅助 TRUS-SB 是可行的方案。Stabile 等<sup>[12]</sup>研究发现, 医师的经验对靶向穿刺尤其是 COG-TB 的检出率影响较大, 在初学者中行 COG-TB, 其前列腺癌检出率与 FUS-TB 及 TRUS-SB 相比较低, 说明 COG-TB 学习时间较长, 因此靶向穿刺的早期病例中不宜仅行靶向穿刺, 而应结合靶向穿刺与系统性穿刺。本研究中对系统性穿刺的阳性区域及靶向穿刺区域, 发现靶向穿刺区域均位于系统性穿刺的阳性区域内, 但本研究未行饱和穿刺, 因此无法精确绘制两个区域及 mpMRI 的阳性面积及进行统计分析。

本研究的缺陷在于, 大部分患者的病灶长径 ≥ 1 cm, 这可能低估了 FUS-TB 诊断前列腺癌的效能。Moreira 等<sup>[13]</sup>发现经会阴穿刺, 实际穿刺位置与预期穿刺位置可产生约 6 mm 的偏差, 考虑到 FUS-TB 对前列腺癌病灶的显示比 COG-TB 更加直观, 易于判断穿刺时是否真正取得病灶标本, FUS-TB 针对小病灶前列腺癌的检出率可能较 COG-TB 及 TRUS-SB 更高, 需进一步临床研究证实。此外, 本研究中采用影像融合即 FUS 组的病例较少, 大多数患者均行认知融合穿刺, 这可能低估影像融合及认知融合的检出率差异, 需大宗病例的临床研究更精确地分析 2 种融合方式的准确性。本研究未涉及新型磁共振造影方法及前列腺癌筛查手段。建立完善的前列腺癌综合筛查数学模型<sup>[14]</sup>及改良前列腺癌磁共振造影方法<sup>[15]</sup>, 可望更准确地选择需要穿刺活检的患者。

综上所述, 初次前列腺穿刺活检的患者中, 认知融合靶向穿刺、影像融合靶向穿刺与常规系统性穿刺活检相比, 前列腺癌的总体检出率、有临床意义的前列腺癌检出率、Gleason 评分、ISUP 分级等均无显著性差异, 以前列腺癌根治术标本为金标准, 认知融合及影像融合靶向穿刺未低估 Gleason 评分及 ISUP 分级, 因此在该类患者中, 以认知融合或影像融合靶向穿刺技术代替或辅助常规系统性穿刺活检技术是可行的选择。

## [参考文献]

- 1 Smeenge M, Barentsz J, Cosgrove D, et al. Role of transrectal ultrasonography (TRUS) in focal therapy of prostate cancer: report from a Consensus Panel[J]. *BJU Int*, 2012, 110(7): 942-948.
- 2 Mannaerts CK, Wildeboer RR, Remmers S, et al. Multiparametric Ultrasound for Prostate Cancer Detection and Localization: Correlation of B-mode, Shear Wave Elastography and Contrast Enhanced Ultrasound with Radical Prostatectomy Specimens[J]. *J Urol*, 2019, 202(6): 1166-1173.
- 3 Bratan F, Niaf E, Melodelima C, et al. Influence of imaging and histological factors on prostate cancer detection and localisation on multiparametric MRI: a prospective study[J]. *Eur Radiol*, 2013, 23(7): 2019-2029.
- 4 Wegelin O, van Melick HHE, Hooft L, et al. Comparing Three Different Techniques for Magnetic Resonance Imaging-targeted Prostate Biopsies: A Systematic Review of In-bore versus Magnetic Resonance Imaging-transrectal Ultrasound fusion versus Cognitive Registration. Is There a Preferred Technique? [J]. *Eur Urol*, 2017, 71(4): 517-531.
- 5 Wegelin O, Exterkate L, van der Leest M, et al. The FUTURE Trial: A Multicenter Randomised Controlled Trial on Target Biopsy Techniques Based on Magnetic Resonance Imaging in the Diagnosis of Prostate Cancer in Patients with Prior Negative Biopsies[J]. *Eur Urol*, 2019, 75(4): 582-590.
- 6 Borghesi M, Ahmed H, Nam R, et al. Complications After Systematic, Random, and Image-guided Prostate Biopsy[J]. *Eur Urol*, 2017, 71(3): 353-365.
- 7 Ehdaie B, Vertosick E, Spaliviero M, et al. The impact of repeat biopsies on infectious complications in men with prostate cancer on active surveillance[J]. *J Urol*, 2014, 191(3): 660-664.
- 8 Loeb S, Carter HB, Berndt SI, et al. Is repeat prostate biopsy associated with a greater risk of hospitalization? Data from SEER-Medicare[J]. *J Urol*, 2013, 189(3): 867-870.
- 9 Bratan F, Niaf E, Melodelima C, et al. Influence of imaging and histological factors on prostate cancer detection and localisation on multiparametric MRI: a prospective study[J]. *Eur Radiol*, 2013, 23(7): 2019-2029.
- 10 Elkhoury FF, Felker ER, Kwan L, et al. Comparison of Targeted vs Systematic Prostate Biopsy in Men Who Are Biopsy Naive: The Prospective Assessment of Image Registration in the Diagnosis of Prostate Cancer (PAIREDCAP) Study[J]. *JAMA Surg*, 2019, 154(9): 811-818.
- 11 Kasivisvanathan V, Rannikko AS, Borghi M, et al. MRI-Targeted or Standard Biopsy for Prostate-Cancer Diagnosis[J]. *N Engl J Med*, 2018, 378(19): 1767-1777.
- 12 Stabile A, Dell'Oglio P, Gandaglia G, et al. Not All Multiparametric Magnetic Resonance Imaging-targeted Biopsies Are Equal: The Impact of the Type of Approach and Operator Expertise on the Detection of Clinically Significant Prostate Cancer[J]. *Eur Urol Oncol*, 2018, 1(2): 120-128.
- 13 Moreira P, Patel N, Wartenberg M, et al. Evaluation of robot-assisted MRI-guided prostate biopsy: needle path analysis during clinical trials[J]. *Phys Med Biol*, 2018, 63(20): 20NT02.
- 14 彭绪峰, 罗文强, 冯超, 等. 建立前列腺特异性抗原灰区患者重复穿刺阳性的数学模型[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2018, 33(2): 137-140.
- 15 杨荷宇, 张鹏飞. 磁共振纳米造影剂在前列腺癌诊疗应用中的研究进展[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2019, 34(1): 64-68.

(收稿日期: 2019-08-20)