

## ◆ 生殖泌尿影像学

# Diagnostic performance of monoexponential DWI and IVIM-DWI for central gland prostate diseases

LENG Xiaoming<sup>1,2</sup>, HAN Xiaorui<sup>3</sup>, ZHAO Man<sup>4</sup>, LIU Yu<sup>3</sup>,  
ZENG Daohui<sup>2</sup>, WANG Xiaochun<sup>2</sup>, LIU Sirun<sup>5\*</sup>

(1. Jinan University, Guangzhou 510630, China; 2. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, Guangzhou 510405, China; 3. First Clinical Medical College, Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, Guangzhou 510405, China; 4. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510080, China; 5. Imaging Center, the First Affiliated Hospital of Jinan University, Guangzhou 510630, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the diagnostic values of traditional monoexponential DWI and intravoxel incoherent motion DWI (IVIM-DWI) in differentiating the central gland (CG) prostate cancer (PCa) from benign hyperplasia (BPH). **Methods** Totally 18 PCa patients with 32 foci (PCa group) and 34 BPH patients with 67 nodules (BPH group) in the CG regions were analyzed. All the patients were proved by ultrasound guided pathology. The patients underwent monoexponential DWI (b-value 0, 1 000 s/mm<sup>2</sup>) and a 10 b-values (10, 20, 30, 50, 80, 100, 200, 400, 1 000, 1 500 s/mm<sup>2</sup>) IVIM-DWI. Then the ADC value of the monoexponential DWI and the diffusion constant (D), pseudodiffusion coefficient of perfusion (D\*) and perfusion fraction (f) values of the IVIM-DWI were calculated. The differences of all parameters between two groups were compared. The diagnostic performance of different parameters were evaluated by using ROC curve. **Results** The values of ADC and D in PCa group were significantly lower than those in BPH group (all  $P < 0.01$ ). There were no significant differences between two groups in D\* and f values (all  $P > 0.05$ ). The area under the ROC curve (AUC) of ADC values was 0.876 ( $P < 0.001$ ), and corresponding diagnostic sensitivity and specificity were 91.00% and 71.90%. The AUC of D values was 0.937 ( $P < 0.001$ ), and corresponding diagnostic sensitivity and specificity were 89.60% and 96.90%. The AUC of D value was higher than that of ADC value ( $Z = 1.299$ ,  $P < 0.05$ ). **Conclusion** The monoexponential DWI and IVIM-DWI can be used to diagnose and differential diagnose of CG PCa and BPH. The D value can obtain better diagnostic performance than the ADC value.

**[Key words]** Prostatic neoplasms; Prostatic hyperplasia; Diffusion magnetic resonance imaging

DOI:10.13929/j.1003-3289.2016.10.023

## 单指数 DWI 和 IVIM-DWI 对前列腺中央腺体疾病的诊断效能

冷晓明<sup>1,2</sup>, 韩晓蕊<sup>3</sup>, 赵曼<sup>4</sup>, 刘宇<sup>3</sup>, 曾道辉<sup>2</sup>, 王晓春<sup>2</sup>, 刘斯润<sup>5\*</sup>

(1. 暨南大学, 广东 广州 510630; 2. 广州中医药大学第一附属医院影像科, 广东 广州 510405;  
3. 广州中医药大学第一临床医学院, 广东 广州 510405; 4. 广东药科大学附属第一医院  
影像科, 广东 广州 510080; 5. 暨南大学附属第一医院影像中心, 广东 广州 510630)

**[摘要]** **目的** 探讨传统单指数 DWI 和体素内不相干运动 DWI (IVIM-DWI) 对中央腺体区 (CG) 前列腺癌 (PCa) 及良

**[基金项目]** 广东省科技计划项目 (2014A020212594)。

**[第一作者]** 冷晓明 (1970—), 男, 辽宁丹东人, 博士, 副主任医师。研究方向: 肌骨影像与磁共振新技术。E-mail: 359551056@qq.com

**[通信作者]** 刘斯润, 暨南大学附属第一医院影像中心, 510630。E-mail: tlsr@jnu.edu.cn

**[收稿日期]** 2016-02-26 **[修回日期]** 2016-07-28

性前列腺增生(BPH)的诊断价值。**方法** 收集经超声引导穿刺病理证实的 52 例 CG 区前列腺病变的患者,其中 PCa 患者 18 例,共 32 个病灶(PCa 组);BPH 患者 34 例,共 67 个病灶(BPH 组)。对所有患者均行前列腺单指数 DWI( $b=0$ 、 $1\ 000\text{ s/mm}^2$ )及 IVIM-DWI( $b=10$ 、 $20$ 、 $30$ 、 $50$ 、 $80$ 、 $100$ 、 $200$ 、 $400$ 、 $1\ 000$ 、 $1\ 500\text{ s/mm}^2$ )扫描,并计算 ADC 值、纯水分子扩散系数(D 值)、灌注相关扩散系数( $D^*$  值)、灌注分数(f 值)。比较 2 组间各参数值的差异,并评价各参数值的诊断效能。**结果** CG 区 PCa 组的 ADC 值、D 值明显低于 BPH 组,差异均有统计学意义( $P$  均 $<0.01$ );2 组间  $D^*$  值及 f 值差异无统计学意义( $P$  均 $>0.05$ )。D 值的曲线下面积为  $0.937(P<0.001)$ ,敏感度、特异度分别为  $89.60\%$ 、 $96.90\%$ ;ADC 值曲线下面积为  $0.876(P<0.001)$ ,敏感度、特异度为  $91.00\%$ 、 $71.90\%$ 。D 值曲线下面积大于 ADC 值( $Z=1.299, P<0.05$ )。**结论** 单指数 DWI 和 IVIM-DWI 可诊断和鉴别诊断 CG 区 PCa 和 BPH, D 值具有较高的诊断效能。

**【关键词】** 前列腺肿瘤;前列腺增生;扩散磁共振成像

**【中图分类号】** R737.25; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-3289(2016)10-1560-05

前列腺癌(prostate cancer, PCa)是男性常见的恶性肿瘤之一,严重影响老年男性健康和生活质量,约占男性癌症死亡患者的  $6\%^{[1]}$ 。多数 PCa 发生于前列腺外周带,但仍有约  $25\%\sim 30\%$  的 PCa 位于中央腺体(central gland, CG)区<sup>[2-4]</sup>。良性前列腺增生(benign prostatic hyperplasia, BPH)也好发于中央区,尤其是前列腺间质增生(stromal hyperplasia, SH),其与 CG 区 PCa 的 T2WI 表现相似<sup>[5-6]</sup>,使常规 MR 对 CG 区 PCa 的检出存在困难。DWI 是可以反映生物体内水分子扩散运动的无创性成像方法,可根据组织内水分子运动情况鉴别前列腺良恶性病变。本研究旨在探讨单指数 DWI ADC 值及体素内不相干运动 DWI(intravoxel incoherent motion DWI, IVIM-DWI)定量参数对 CG 区 PCa 及 BPH 的诊断价值,以期提高鉴别能力。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 收集 2013 年 9 月—2015 年 3 月在我院接受 MR 检查的 CG 区前列腺病变患者 52 例,年龄  $62\sim 88$  岁,平均  $(69.0\pm 9.5)$  岁。血清前列腺特异性抗原(prostate specific antigen, PSA)水平  $4.1\sim 267.0\text{ ng/ml}$ ,中位数  $11.3\text{ ng/ml}$ 。入选标准:①有完整的影像资料,MR 检查包括常规 MR 序列、单指数 DWI 和 IVIM-DWI;②MR 检查前未进行内分泌、放疗、化疗等治疗;③前列腺 MR 检查后 2 周内接受经直肠超声引导下标准 12 针法穿刺活检并获得病理结果。52 例患者中,PCa 患者 18 例,32 个病灶(PCa 组),BPH 患者 34 例,67 个病灶(BPH 组),其中前列腺腺体增生(glandular hyperplasia, GH)6 个,其余均为 GH 合并 SH。

**1.2 仪器与方法** 采用 GE HDxt 3.0T MR 扫描仪,体部相控阵线圈。扫描前嘱患者适量饮水,使膀胱中度充盈,取仰卧位。扫描序列包括常规轴位、矢状位、冠状位 T2W、轴位 T1W、轴位单指数 DWI 及 IVIM-DWI 序列。单指数 DWI 序列  $b=0$ 、 $1\ 000\text{ s/mm}^2$ , TR

$5\ 800\text{ ms}$ , TE  $76.8\text{ ms}$ , 层厚  $4\text{ mm}$ , 层间距  $0.5\text{ mm}$ , FOV  $300\text{ mm}\times 300\text{ mm}$ , 矩阵  $128\times 128$ ; IVIM-DWI 序列  $b=10$ 、 $20$ 、 $30$ 、 $50$ 、 $80$ 、 $100$ 、 $200$ 、 $400$ 、 $1\ 000$ 、 $1\ 500\text{ s/mm}^2$ ;其余参数同单指数 DWI。T2WI: TR  $2\ 800\text{ ms}$ , TE  $42\text{ ms}$ , 层厚  $4\text{ mm}$ , 层间距  $0.5\text{ mm}$ , FOV  $300\text{ mm}\times 300\text{ mm}$ , 矩阵  $320\times 224$ 。T1WI: TR  $600\text{ ms}$ , TE  $20\text{ ms}$ , 层厚  $1\text{ mm}$ , 层间距  $0$ , FOV  $350\text{ mm}\times 350\text{ mm}$ , 矩阵  $320\times 224$ 。

**1.3 图像分析** 采用 GE AW4.5 工作站对图像进行后处理。通过单指数 DWI 序列生成 ADC 图后,对照超声引导穿刺点的位置,并根据其与尿道的位置、与前列腺底部和尖部的距离以及前列腺的解剖结构,于病变最大层面勾画圆形 ROI ( $30\sim 40\text{ mm}^2$ ),记录 ADC 值。使用 MADC 软件处理 IVIM-DWI 数据,设置参数  $b$ -threshold 为  $200\text{ s/mm}^2$ ,获得由  $b$  值为  $10\sim 200\text{ s/mm}^2$  的图像拟合而成的 DWI 图像及各参数对应的伪彩图,勾画 ROI,计算并记录纯水分子扩散系数(D)值、灌注相关扩散系数( $D^*$ )值及灌注分数(f)值。勾画 ROI 时尽量避开外周带与中央腺体交界处、尿道、血管及组织囊变、出血、钙化等区域,每个病灶重复测量 3 次并取平均值。

**1.4 统计学分析** 采用 SPSS 22.0 统计分析软件。计量资料以  $\bar{x}\pm s$  表示,采用两独立样本  $t$  检验比较 CG 区 PCa 组和 BPH 组 ADC 值及 D、 $D^*$ 、f 值。以病理结果为金标准对存在统计学差异的各参数绘制 ROC 曲线,判断不同参数的诊断效能,曲线下面积  $0.5\sim 0.7$  认为诊断价值较低,  $0.7\sim 0.9$  认为诊断价值中等,  $0.9$  以上认为诊断价值较高<sup>[7]</sup>。  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 ADC 值及 D、 $D^*$ 、f 值的比较** PCa 组的 ADC 值及 D 值明显低于 BPH 组,差异有统计学意义( $P$  均 $<$

0.01); PCa 组的  $D^*$  值及  $f$  值与 BPH 组间的差异无统计学意义 ( $P$  均  $> 0.05$ ), 见表 1。CG 区 PCa 组与 BPH 组的 ADC 值有明显的重叠部分, 而两组的  $D$  值未见明显重叠 (图 1)。在 ADC 图和  $D$  图上, CG 区 PCa 组织信号较 BPH 组织偏高 (图 2、3)。

**2.2 ROC 曲线分析** 绘制 ADC 值和  $D$  值的 ROC 曲线, ADC 值的曲线下面积为 0.876 ( $Z = 10.04$ ,  $P < 0.001$ ), 95% CI (0.801, 0.951);  $D$  值的曲线下面积为 0.937 ( $Z = 15.45$ ,  $P < 0.001$ ), 95% CI (0.891, 0.983),  $D$  值的曲线下面积大于 ADC 值 ( $Z = 1.299$ ,  $P < 0.05$ ), 见图 4。ADC 值和  $D$  值的最佳诊断界值分别为  $1.038 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  和  $0.989 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ , ADC 值敏感度为 91.00%, 特异度为 71.90%;  $D$  值的敏感度为 89.60%, 特异度为 96.90%。 $D$  值的特异度大于 ADC 值, 而两者的敏感度相近。

### 3 讨论

70%~75% 的 PCa 发生于前列腺外周带<sup>[2-4]</sup>, 外周带区域内由于腺体和腺管结构丰富, 在 T2WI 呈明

表 1 CG 区 PCa 组和 BPH 组 ADC 值及  $D$ 、 $D^*$ 、 $f$  值比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别    | ADC 值<br>( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ) | $D$ 值<br>( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ) | $D^*$ 值<br>( $\text{mm}^2/\text{s}$ ) | $f$ 值 (%)        |
|-------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------|
| PCa 组 | $0.93 \pm 0.23$                                     | $0.75 \pm 0.18$                                     | $0.04 \pm 0.02$                       | $26.61 \pm 7.05$ |
| BPH 组 | $1.26 \pm 0.17$                                     | $1.06 \pm 0.12$                                     | $0.05 \pm 0.03$                       | $26.49 \pm 5.49$ |
| $t$ 值 | -8.21                                               | -8.12                                               | -0.69                                 | -0.13            |
| $P$ 值 | $< 0.01$                                            | $< 0.01$                                            | $> 0.05$                              | $> 0.05$         |

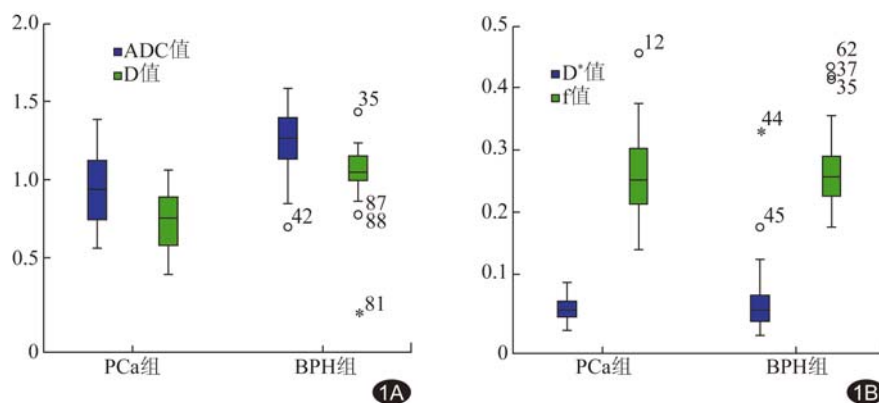


图 1 2 组 ADC 值及  $D$ 、 $D^*$ 、 $f$  值比较箱式图 A. PCa 组的 ADC 值、 $D$  值低于 BPH 组, ADC 值有重叠部分,  $D$  值无重叠; B. PCa 组与 BPH 组的  $D^*$  值及  $f$  值差异无统计学意义

显高信号; PCa 病变内含大量癌变的腺体, 组织细胞紧密排列, 其间黏蛋白和液体含量明显减少, 于 T2WI 呈低信号, 与外周带正常组织形成鲜明对比, 因此诊断容易。但仍有 25%~30%<sup>[2-4]</sup> 的 PCa 发生在组织结构较紧密的 CG 区, 因此病变与周围正常组织信号对比差;

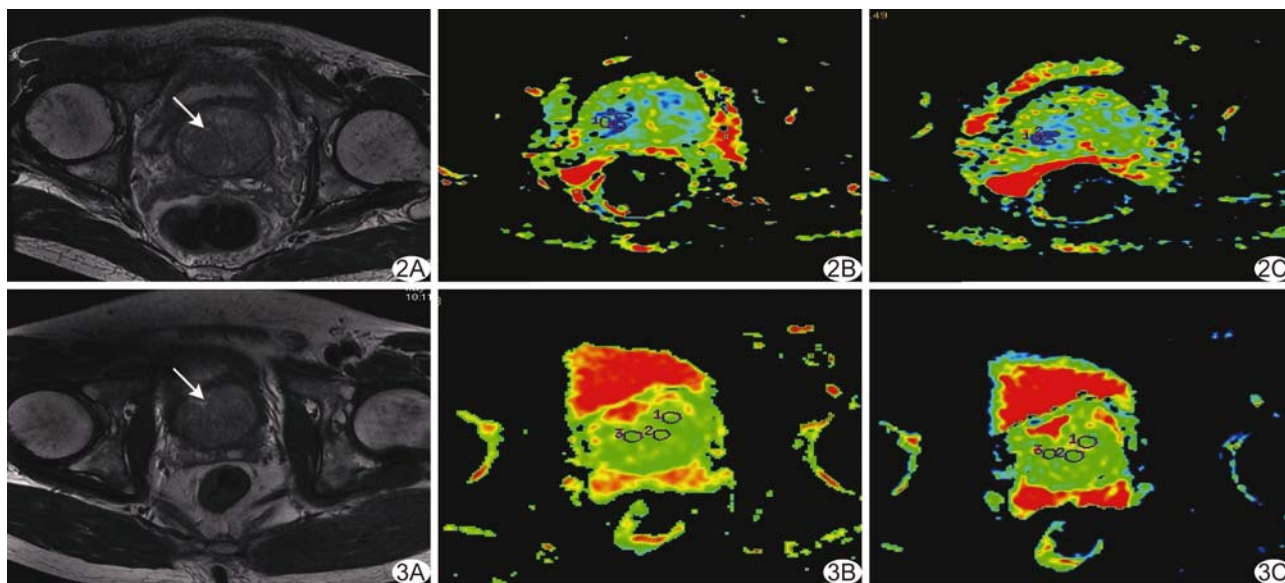


图 2 患者男, 69 岁, CG 区 PCa T2WI (A) 病灶呈结节状低信号 (箭), ADC 图 (B)、 $D$  图 (C) 示 ADC 值和  $D$  值较低

图 3 患者男, 62

岁, CG 区 BPH T2WI (A) 病灶呈略低信号, 边界显示不清 (箭), ADC 图 (B)、 $D$  图 (C) 示 ADC 值和  $D$  值无明显降低

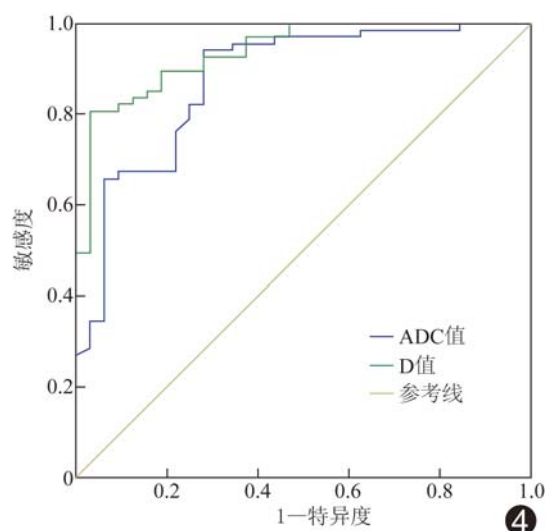


图4 ADC值及D值的ROC曲线

病理上 BPH 可分为 GH 及 SH, 其中 GH 组织结构疏松, 而 SH 由于腺体成分减少, 组织结构排列紧密<sup>[5-6]</sup>, 使 SH 与 CG 区 PCa 的 T2WI 信号相似, 因此常规 T2WI 对二者的诊断及鉴别诊断存在困难。

传统单指数 DWI 模型假定水分子运动是单一的, 通过 ADC 对组织内水分子的扩散情况进行定量检测, 已在临床得到广泛应用<sup>[8-9]</sup>。本研究结果显示, CG 区 PCa 组的 ADC 值明显低于 BPH 组, ADC 值的 ROC 曲线下面积为 0.876, 具有中等诊断价值<sup>[7]</sup>; 相应的诊断敏感度、特异度分别为 91.00%、71.90%, 与既往研究<sup>[8]</sup>结果一致; 但 CG 区 PCa 组和 BPH 组的 ADC 值有明显交叉重叠, 提示 ADC 值在鉴别两种不同组织时存在缺陷和不足。因组织内水分子的运动不但与水分子的扩散有关, 同时受组织微循环的影响, 单指数 DWI 未考虑该影响因素。

Le Bihan 等<sup>[10]</sup>提出的 IVIM 双指数模型, 通过检测定量参数 D、D\* 及 f 值, 不仅可以反映组织内水分子真实扩散情况, 而且可分析组织灌注情况。本研究结果表明, CG 区 PCa 组的 D 值明显低于 BPH 组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.01$ ), D 值的 ROC 曲线下面积达 0.937, 具有较高的诊断价值<sup>[7]</sup>, 与 Dopfert 等<sup>[11]</sup>的研究结果一致。有研究<sup>[12]</sup>指出, CG 区 SH 的 ADC 值减低是由 D 值和 f 值的衰减导致; CG 区 PCa 的 ADC 值减低不仅受 D 和 f 的影响, 同时还受 D\* 的影响。本研究结果表明, CG 区 PCa 组的 D\* 值及 f 值与 BPH 组间的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 其原因可能为: ①目前对于前列腺研究的 b 值选择无确切标准<sup>[13]</sup>, 因此 b 值的选取可能会对参数产生较大的影响; ②样本

量较小, f 值的标准差较大, 离群值较多; ③ D\* 值和 f 值可能受管道结构液体的流动和腺体分泌等<sup>[14]</sup>影响; ④ IVIM-DWI 模型有 3 个参数, 其变异性大于单指数模型的 1 个参数。

本研究利用 ROC 曲线对传统单指数 DWI 模型、IVIM-DWI 双指数模型进行分析, 结果显示 D 值的曲线下面积大于 ADC 值 ( $Z = 1.299$ ,  $P < 0.05$ ), 当取 D 值的最佳诊断界值为  $0.989 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  时, 诊断敏感度和特异度可达 89.60% 和 96.90%, 且 CG 区 PCa 组和 BPH 组的 D 值无重叠部分, 提示 D 值的诊断价值高于 ADC 值。此外, CG 区 PCa 组和 BPH 组的 D 值小于 ADC 值, 间接提示血液微循环灌注对 ADC 值有影响, 在去除灌注因素的影响后, D 值可更准确地反映组织内外水分子的扩散运动, 表明 D 值诊断效能优于 ADC 值。

本研究的不足: 病理对照全部来自超声引导穿刺, 由于前列腺穿刺结果无法提供病灶的形态学信息, 使 ROI 可能与病灶实际位置产生偏差。因此, 本研究尚需更多前列腺根治术后大体病理结果进一步验证。

综上所述, 单指数 DWI 模型及 IVIM-DWI 模型均可用于 CG 区 PCa 和 BPH 的诊断及鉴别诊断, D 值的诊断效能最高。D\* 值和 f 值对前列腺疾病的诊断价值有待进一步探讨; 同时前列腺 GH 及 SH 的鉴别还有待进一步研究。

## [参考文献]

- [1] Ferlay J, Shin HR, Bray F, et al. Estimates of worldwide burden of cancer in 2008: GLOBOCAN 2008. *Int J Cancer*, 2010, 127 (12): 2893-2917.
- [2] Kim CK, Park BK, Kim B. High-b-value diffusion-weighted imaging at 3T to detect prostate cancer: Comparisons between b-values of 1,000 and 2,000  $\text{s}/\text{mm}^2$ . *AJR Am J Roentgenol*, 2010, 194 (1): W33-W37.
- [3] Park SY, Kim CK, Park BK, et al. Diffusion-tensor MRI at 3T: Differentiation of central gland prostate cancer from benign prostatic hyperplasia. *AJR Am J Roentgenol*, 2014, 202 (3): W254-W262.
- [4] Oto A, Kayhan A, Jiang Y, et al. Prostate cancer: Differentiation of central gland cancer from benign prostatic hyperplasia by using diffusion-weighted and dynamic contrast-enhanced MR imaging. *Radiology*, 2010, 257(3): 715-723.
- [5] 陆健, 王霄英, 张学琴, 等. MR 扩散加权成像鉴别前列腺中央腺体偶发癌与良性前列腺增生. *中国医学影像技术*, 2010, 26(10): 1926-1929.
- [6] 彭涛, 肖建明, 朱丹, 等. 磁共振扩散加权成像对前列腺癌的诊断

- 价值及与 Gleason 评分的相关性研究. 四川医学, 2013, 34(8): 1281-1283.
- [7] 宇传华. 诊断试验评价//余松林. 医学统计学. 北京: 人民卫生出版社, 2002: 164-178.
- [8] Li B, Cai W, Lv D, et al. Comparison of MRS and DWI in the diagnosis of prostate cancer based on sextant analysis. J Magn Reson Imaging, 2013, 37(1): 194-200.
- [9] Tamada T, Sone T, Jo Y, et al. Apparent diffusion coefficient values in peripheral and transition zones of the prostate: Comparison between normal and malignant prostatic tissues and correlation with histologic grade. J Magn Reson Imaging, 2008, 28(3): 720-726.
- [10] Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, et al. MR imaging of intravoxel incoherent motions: Application to diffusion and perfusion in neurologic disorders. Radiology, 1986, 161(2): 401-407.
- [11] Dopfert J, Lemke A, Weidner A, et al. Investigation of prostate cancer using diffusion-weighted intravoxel incoherent motion imaging. Magn Reson Imaging, 2011, 29(8): 1053-1058.
- [12] Liu X, Zhou L, Peng W, et al. Differentiation of central gland prostate cancer from benign prostatic hyperplasia using monoexponential and biexponential diffusion-weighted imaging. Magn Reson Imaging, 2013, 31(8): 1318-1324.
- [13] Koh DM, Collins DJ, Orton MR. Intravoxel incoherent motion in body diffusion-weighted MRI: Reality and challenges. AJR Am J Roentgenol, 2011, 196(6): 1351-1361.
- [14] Shinmoto H, Tamura C, Soga S, et al. An intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging study of prostate cancer. AJR Am J Roentgenol, 2012, 199(4): W496-W500.

## 本刊可以直接使用的英文缩略语(一)

- 计算机体层摄影术(computed tomography, CT)  
 多层螺旋 CT(multiple-slice CT, MSCT)  
 高分辨率 CT(high resolution CT, HRCT)  
 容积 CT(volumetric computed tomography, VCT)  
 CT 血管造影(computed tomographic angiography, CTA)  
 CT 静脉造影(CT venography, CTV)  
 磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)  
 功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)  
 扩散(弥散)加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)  
 磁敏感加权成像(susceptibility-weighted imaging, SWI)  
 扩散(弥散)张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)  
 灌注加权成像(perfusion weighted imaging, PWI)  
 磁共振血管造影(magnetic resonance angiography, MRA)  
 磁共振波谱(magnetic resonance spectroscopy, MRS)  
 氢质子磁共振波谱(proton magnetic resonance spectroscopy, <sup>1</sup>H-MRS)  
 表观扩散(弥散)常数(apparent diffusion coefficient, ADC)  
 数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)  
 经导管动脉化疗栓塞术(transcatheter arterial chemoembolization, TACE)  
 经颈静脉肝内门-体分流术(transjugular intrahepatic porto-systemic shunt, TIPS)  
 冠状动脉血管造影术(coronary angiography, CAG)  
 最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)  
 容积再现技术(volume rendering technique, VRT)  
 表面阴影成像(surface shaded display, SSD)  
 最小密度投影(minimum intensity projection, MinIP)  
 多平面重建(multi-planar reconstruction, MPR)  
 多平面重组(multi-planar reformation, MPR)  
 容积再现(volume rendering, VR)  
 容积重建(volume reconstruction, VR)  
 曲面重组(curved planar reformation, CPR)  
 曲面重建(curved planar reconstruction, CPR)  
 自旋回波(spin echo, SE)  
 快速自旋回波(fast spin echo, FSE)或者(turbo spin echo, TSE)  
 快速场回波(fast field echo, FFE)  
 平面回波成像(echo planar imaging, EPI)  
 梯度回波(gradient echo, GRE)  
 信噪比(signal noise ratio, SNR)  
 对比噪声比(contrast noise ratio, CNR)  
 血氧水平依赖(blood oxygenation level dependent, BOLD)  
 视野(field of view, FOV)  
 时间飞跃法(time of flight, TOF)  
 激励次数(number of excitation, NEX)  
 各向异性分数(fractional anisotropy, FA)  
 钆喷替酸葡甲胺(Gd-DTPA)