

DOI:10.16781/j.0258-879x.2016.09.1095

### 3.0T 弥散加权成像表观弥散系数值对肾盂癌侵袭性的评价价值

吕琦<sup>1△</sup>, 郑少强<sup>1△</sup>, 王培军<sup>1\*</sup>, 赵小虎<sup>1</sup>, 马春辉<sup>2</sup>, 王金红<sup>1</sup>

1. 同济大学附属同济医院放射科, 上海 200065
2. 上海交通大学附属第一人民医院骨科, 上海 200080

**[摘要]** **目的** 探讨 3.0T 磁共振弥散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)对肾盂癌的诊断价值及其表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值与病理分期分级的关系。**方法** 回顾性分析 33 例肾盂癌患者的临床资料。所有患者均行常规磁共振扫描及 DWI 检查( $b$  值=0 和  $b$  值=800 s/mm<sup>2</sup>),将磁共振 DWI 诊断结果与病理结果进行对照,计算 DWI 诊断肾盂癌的敏感性、特异性、准确率、阳性预测值、阴性预测值。分析并记录病灶的 DWI 信号特点,对每个病灶选择 3 个感兴趣区(region of interest, ROI):小 ROI、大 ROI 及最小 ADC 值。比较不同性别间、不同部位肾盂癌间、肾盂癌与正常肾实质间、3 组 ROI 间、不同病理分级和不同临床分期期间的 ADC 值的差异。采用免疫组织化学染色方法检测 Ki-67 在肾盂癌组织中的表达,分析 Ki-67 表达与 ADC 值的关系。**结果** 当  $b$  值=800 s/mm<sup>2</sup> 时,利用 DWI 诊断肾盂癌的敏感性为 90.9%、特异性 91.4%、准确率 91.2%、阳性预测值 90.9%、阴性预测值 91.4%。ADC 值在不同性别、不同部位肾盂癌间差异无统计学意义( $P>0.05$ ),在肾盂癌与正常肾实质间差异有统计学意义( $P<0.05$ ),在 3 组 ROI 间差异无统计学意义( $P>0.05$ )。低级别(G<sub>1</sub>~G<sub>2</sub> 级)肾盂癌的 ADC 值较高级别(G<sub>3</sub> 级)高,局限于肾盂(T<sub>a</sub>~T<sub>2</sub> 期)的 ADC 值较有局部侵犯(T<sub>3</sub> 期)高,差异均有统计学意义( $P<0.01, P<0.05$ )。Ki-67 表达与肿瘤的病理分级、分期有关,ADC 值与 Ki-67 的表达量呈负相关( $r=-0.88, P<0.01$ )。**结论** ROI 的大小对于尿路上皮癌的鉴别意义可能不大;在不使用造影剂的情况下, DWI 有利于术前评估肾盂癌的组织学分级及分期。

**[关键词]** 弥散磁共振成像;表观弥散系数;肾肿瘤;肾盂癌;Ki-67 抗原;预后

**[中图分类号]** R 737.11 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2016)09-1095-06

### Apparent diffusion coefficient value of 3.0T MR diffusion-weighted imaging in assessing invasiveness of renal pelvic carcinoma

LÜ Qi<sup>1△</sup>, ZHENG Shao-qiang<sup>1△</sup>, WANG Pei-jun<sup>1\*</sup>, ZHAO Xiao-hu<sup>1</sup>, MA Chun-hui<sup>2</sup>, WANG Jin-hong<sup>1</sup>

1. Department of Radiology, Tongji Hospital, Tongji University, Shanghai 200065, China
2. Department of Orthopaedics, Shanghai General Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200080, China

**[Abstract]** **Objective** To investigate the value of 3.0T MR diffusion-weighted imaging (DWI) in diagnosing the renal pelvic cancer and the association of apparent diffusion coefficient (ADC) value with the histological grade and clinical stage of cancer. **Methods** The clinical data of 33 patients with renal pelvic carcinoma were retrospectively analyzed. Routine MRI and DWI with  $b$ -values of 0 and 800 s/mm<sup>2</sup> were performed, and the examination results were compared with the corresponding pathological results. We then calculated the sensitivity, specificity, accuracy, positive and negative predictive values of DWI. The DWI signal characteristics of lesions were recorded and analyzed, and three regions of interest (ROIs), large and small ROIs and minimum ADC (minADC) value, were selected for each lesion. The differences of ADC values between different genders, locations, cancer tissue and normal renal parenchyma, among three ROIs, among different pathological grades, among different clinical stages were compared and analyzed. Immunohistochemical staining was used to detect the expression of Ki-67 in renal pelvic cancer tissues, and the relationship between ADC value and Ki-67 expression was also analyzed. **Results** The results of DWI with 800 s/mm<sup>2</sup>  $b$ -value showed that the sensitivity, specificity, accurate rate, positive and negative predictive value for renal pelvic carcinoma were 90.9%, 91.4%, 91.2%, 90.9% and 91.4%, respectively. The ADC values were significantly different between normal renal parenchyma and renal pelvic carcinoma tissues ( $P<0.05$ ), and they were not

**[收稿日期]** 2015-12-06 **[接受日期]** 2016-03-19

**[作者简介]** 吕琦, 硕士, 主治医师. E-mail: 393212347@qq.com; 郑少强, 主任医师. E-mail: zhengshq@aliyun.com

△共同第一作者(Co-first authors).

\*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-66111206, E-mail: tongjipjwang@vip.sina.com

significantly different between different genders, locations or among small ROI, big ROI and the minADC values. The ADC value of low grade ( $G_1$ - $G_2$ ) tumors was significantly higher than that of high grade ( $G_3$ ) ones ( $P < 0.01$ ). The ADC value of cancer cells confined to the renal pelvis ( $T_a$ - $T_2$ ) was higher than that with local invasion ( $T_3$ ) ( $P < 0.05$ ). Ki-67 expression was found associated with the pathological grades and tumor stages of pelvic carcinoma, and there was a negative correlation between ADC value and Ki-67 expression ( $r = -0.88$ ,  $P < 0.01$ ). **Conclusion** Our findings suggest that the size of ROI may be of little value in diagnosis of urothelial carcinoma, and DWI may contribute to the preoperative assessment of histological grade and clinical stages of renal pelvic carcinoma.

**[Key words]** diffusion magnetic resonance imaging; apparent diffusion coefficient; kidney neoplasms; renal pelvic carcinoma; Ki-67 antigen; prognosis

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2016, 37(9): 1095-1100]

肾盂癌多为上尿路上皮癌,其发病率较低,约占泌尿生殖系统恶性肿瘤的5%~7%,但其进展迅速,病死率高,因此对其侵袭性的判断具有重要的临床意义<sup>[1]</sup>。输尿管镜检查因取材的局限性会导致术前组织学分级准确度不高,分级偏低可导致肿瘤切除不完整;而分级过高则会导致治疗过度,使患者生存率下降。研究表明,弥散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)能反映生理或病理状态下水分子的运动特性,这种技术较传统的  $T_1$ WI 及  $T_2$ WI 能提供更鲜明的组织对比度,而且可通过测量表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)进行定量分析。文献报道 DWI 及 ADC 值与肿瘤的侵袭程度呈负相关<sup>[2-3]</sup>,但其结果仍存在争议。Ki-67 蛋白是目前检测肿瘤增殖活性和增殖速率最可靠的指标,有研究表明肿瘤分化程度越低、ADC 值越低、T 分期越高, Ki-67 标记指数(Ki-67 labelling index, Ki-67 LI)也越高<sup>[4]</sup>,目前肾盂癌中 ADC 值与 Ki-67 的关系尚未见详尽报道。本研究通过对 33 例肾盂癌患者的 DWI 资料与临床、病理及 Ki-67 免疫组化结果的对比分析,探讨 DWI ADC 值评估肾盂癌侵袭性的价值。

## 1 资料和方法

1.1 研究对象 回顾性分析 2008 年 1 月至 2015 年 6 月在同济大学附属同济医院接受磁共振(MR)DWI 检查并行手术切除、经病理证实的 68 例肾盂肿块性病变患者的临床资料,其中肾盂癌 33 例,良性病变 35 例。33 例肾盂癌患者中男 20 例、女 13 例,年龄 39~81 岁,平均(65±6)岁,肿瘤均为单侧发生。初诊时 3 例主诉腰痛,28 例无痛性肉眼血尿,2 例体检时发现,无明显全身或泌尿系症状。其中 10 例有泌尿系结石史。

1.2 检查方法 使用 Siemens 公司生产的 Magnetom Verio 3.0T 磁共振成像(MRI)系统,体部

相控阵表面线圈。行常规横断位  $T_1$ WI (TR/TE=140/2.46 ms,层厚 7 mm,层距 1.4 mm,FOV 400 mm×300 mm,矩阵 320×240)和  $T_2$ WI (TR/TE=3 600/103 ms,层厚 6 mm,层距 1.2 mm,FOV 400 mm×280 mm,矩阵 320×192)扫描。DWI 扫描采用自旋回波-平面回波序列, b 值为 0、800 s/mm<sup>2</sup>。TR/TE=1 800/69 ms,层厚 5 mm,层距 1.4 mm,FOV 380 mm×296 mm,矩阵 128×102。采用常规抑脂技术(减少化学位移伪影)与全局自动校准部分并行采集技术,并在扫描野上下各加 1 个预饱和带,以消除心脏搏动及胃肠蠕动的影像,同时完成 0、800 s/mm<sup>2</sup>不同 b 值的图像重组,生成 ADC 图。

1.3 MRI 分析 由 2 名具有丰富腹部影像诊断经验的高年资影像医师共同进行观察和分析,对诊断结论意见不统一时,经共同讨论取得一致结果。分别测量正常肾实质及病变组织的平均 ADC 值,根据需要选取圆形或椭圆形感兴趣区(region of interest, ROI)。病变区域选取 3 组 ROI。第 1 组 ROI:小 ROI,直径约 0.5~0.8 cm,避开囊变坏死区,将 ROI 置于病灶的实质部分测量,共测量 3 次;第 2 组 ROI:大 ROI,选取病变最大层面中心区域进行测量;第 3 组 ROI:最小 ADC(minADC),多次测量,选取其 minADC 值作为测量值,取 b 值=800 s/mm<sup>2</sup>的 ADC 均值(图 1)。对于未受累的正常肾实质,选取 3 组正常肾实质的上极、中极及下极的值,计算其平均值。

1.4 免疫组织化学染色分析 Ki-67 的表达 术后组织标本用 10%多聚甲醛溶液固定 24 h,常规石蜡 4 μm 厚连续切片并行苏木精-伊红(H-E)染色,使用 EnVision 系列试剂盒(购于 DAKO 公司)进行检测,严格按照说明书步骤操作。使用 DAB 显色法显色。随机选择 5~10 个高倍镜(400 倍)视野进行计数,计算 Ki-67 阳性细胞数占总细胞数的百分比,结果用 Ki-67 LI 表示。

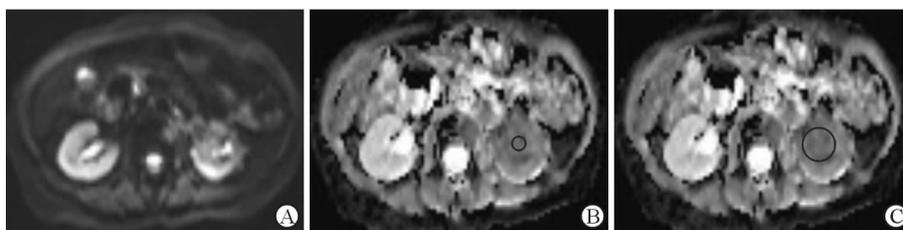


图1 不同大小 ROI 的选择及测量

Fig 1 Selection and measurement of ROI of different sizes

A male patient with left renal pelvic carcinoma of histological grade G<sub>3</sub> and clinical stage T<sub>3</sub>. A: DWI map; B, C: ADC (b=800 s/mm<sup>2</sup>) maps and two ROIs (circles) of different sizes. ROI: Region of interest; DWI: Diffusion-weighted imaging; ADC: Apparent diffusion coefficient

1.5 肿瘤组织学分级及T分期 依据2004年世界卫生组织(WHO)制定的肾脏肿瘤组织学分类分级标准进行组织学分级。依据2002年国际抗癌联盟提出的TNM系统进行分期,参照文献[5]将肿瘤分为2大类:≥T<sub>3</sub>及≤T<sub>2</sub>,第1类是局部晚期肿瘤,第2类是局限性的肿瘤。

1.6 统计学处理 收集所有患者的MRI DWI诊断资料并与病理结果进行对照,计算DWI诊断肾盂癌的敏感性、特异性、准确率、阳性预测值、阴性预测值。所有数据均应用SPSS 17.0软件进行分析。不同部位ADC值比较采用配对t检验,不同性别、正常肾实质与肾盂癌的ADC值的比较采用独立样本t检验,3组不同ROI、不同病理分级、不同临床分期的ADC值的比较采用单因素方差分析(one-way ANOVA),ADC值与Ki-67的相关性用Spearman相关系数分析。检验水准(α)为0.05。

2 结果

2.1 DWI ADC值对病灶的定性鉴别 对68例肾盂肿块性病变患者均行病理学检查,结果见表1。DWI诊断的敏感性为90.9%、特异性91.4%、准确率91.2%、阳性预测值90.9%、阴性预测值91.4%。

表1 DWI诊断结果与病理结果比较

Tab 1 Comparison between DWI and pathological examination

DWI	Pathological results		Total
	Renal pelvic carcinoma	Renal pelvic benign lesion	
+	30	3	33
-	3	32	35
Total	33	35	68

DWI: Diffusion-weighted imaging

2.2 手术病理结果及病变基本情况 33例肾盂肿瘤均为单侧发生,病理结果均是上尿路移行上皮癌,无一例发生囊变坏死,其分期分级结果为:原位癌

1例,T<sub>a</sub> 2例,T<sub>1</sub> 6例,T<sub>2</sub> 6例,T<sub>3</sub> 18例;G<sub>1</sub> 5例,G<sub>2</sub> 9例,G<sub>3</sub> 19例。

2.3 ADC值对肾盂癌的诊断价值 典型肾盂癌病例的DWI及ADC值测量图像资料见图2。经测量,肾盂癌的ADC值[(1.04±0.13)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s]低于正常肾实质[(2.00±0.19)×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s]的ADC值(P<0.05,图3)。3种方法测量ROI(10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s)分别为第1组1.08±0.13、第2组1.01±0.23、第3组0.98±0.10,组间差异无统计学意义(P>0.05)。

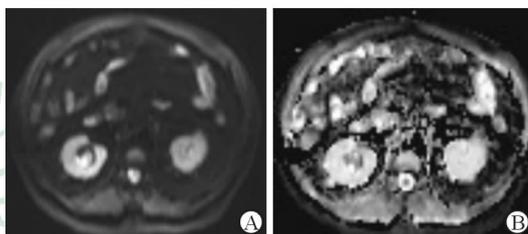


图2 1例65岁男性右肾盂原位癌患者的DWI及ADC值测量图像

Fig 2 DWI and ADC of right renal pelvic carcinoma in situ in a 65-year-old male patient

A: DWI map with high signal; B: ADC map with low value (1.23×10<sup>-3</sup> mm<sup>2</sup>/s). DWI: Diffusion-weighted imaging; ADC: Apparent diffusion coefficient

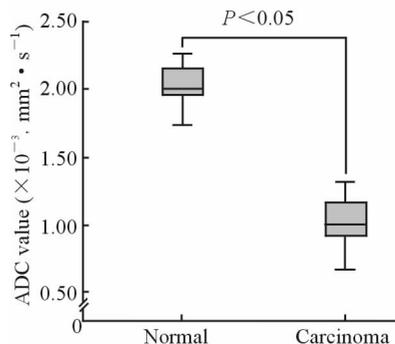


图3 肾盂癌和正常肾实质ADC值比较

Fig 3 Comparison of ADC values between normal renal parenchyma and renal pelvic carcinoma

ADC: Apparent diffusion coefficient. n=33, x̄±s

2.4 ADC 值对肾盂癌临床病理分期分级的价值 结果(表 2)显示,不同性别、不同部位肾盂癌的 ADC 值差异无统计学意义( $P>0.05$ );有局部侵犯( $T_3$ )肾盂癌的 ADC 值低于局限于肾盂( $T_a\sim T_2$ )的肾盂癌的 ADC 值,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。组织学高级别( $G_3$ )肾盂癌的 ADC 值低于低级别( $G_1\sim G_2$ )肾盂癌的 ADC 值,差异有统计学意义( $P<0.01$ ,表 2、图 4)。

表 2 不同性别、部位、分期分级肾盂癌的 ADC 值比较

Tab 2 Comparison of ADC values of renal pelvic carcinoma of different genders, locations, stages and grades

Item	n	ADC( $\times 10^{-3}$ , $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ )	P value
Gender			0.320
Male	20	1.04 $\pm$ 0.28	
Female	13	1.01 $\pm$ 0.10	
Location			0.683
Left	14	1.05 $\pm$ 0.16	
Right	19	0.98 $\pm$ 0.21	
Clinical stage			0.019
$T_a$ - $T_2$	15	1.10 $\pm$ 0.18	
$T_3$	18	0.97 $\pm$ 0.21	
Pathological grade			0.000
$G_1$ - $G_2$	14	1.16 $\pm$ 0.98	
$G_3$	19	0.88 $\pm$ 0.97	

ADC: Apparent diffusion coefficient

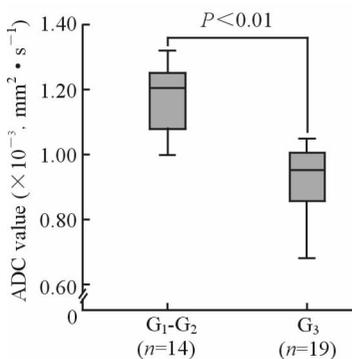


图 4 不同组织学分级肾盂癌的 ADC 值比较

Fig 4 Comparison of ADC values between low grade ( $G_1$ - $G_2$ ) and high grade ( $G_3$ ) renal pelvic carcinoma

ADC: Apparent diffusion coefficient.  $\bar{x}\pm s$

2.5 肾盂癌组织 Ki-67 的表达及与 ADC 值的关系 高级别( $G_3$ )及低级别( $G_1\sim G_2$ )肾盂癌的 ADC 值测量影像图及 Ki-67 免疫组化结果见图 5。 $T_3$  期肾盂癌的 Ki-67 LI 高于  $T_a\sim T_2$  期肾盂癌( $P<0.01$ ),高级别肾盂癌的 Ki-67 LI 高于低级别肾盂癌

( $P<0.01$ ,表 3)。相关分析结果(图 6)显示,ADC 值与 Ki-67 呈负相关( $r=-0.88$ ,  $P<0.01$ )。

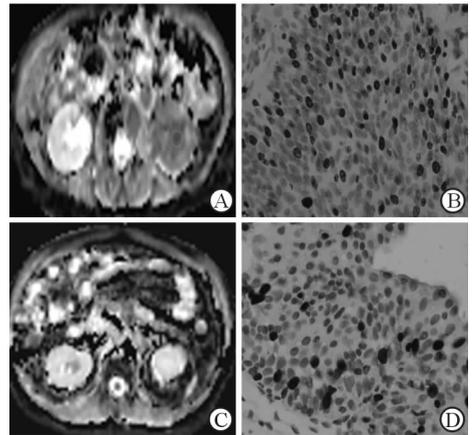


图 5 肾盂癌的 ADC 值测量图及相应的 Ki-67 免疫组织化学染色图

Fig 5 ADC maps of renal pelvic carcinoma and the corresponding maps of Ki-67 immunohistochemical staining

A, B: The high grade invasive carcinoma on left renal pelvis with ADC value being  $0.95 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$  and Ki-67 expression rate being 40%; C, D: Low grade renal pelvic carcinoma with  $T_1$  stage of right renal pelvis with ADC value being  $1.89 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$  and Ki-67 expression rate being 10%. ADC values were measured within a ROI. ADC: Apparent diffusion coefficient; ROI: Region of interest. Original magnification:  $\times 400$

表 3 不同分期分级肾盂癌 Ki-67 的表达

Tab 3 Expression of Ki-67 in renal pelvic carcinoma with different stages and grades

Item	n	Ki-67 LI (%), $\bar{x}\pm s$	P value
Clinical stage			0.000
$T_a$ - $T_2$	15	11.33 $\pm$ 4.88	
$T_3$	18	28.55 $\pm$ 14.98	
Pathological grade			0.008
$G_1$ - $G_2$	14	9.77 $\pm$ 6.06	
$G_3$	19	31.09 $\pm$ 13.88	

Ki-67 LI: Ki-67 labeling index

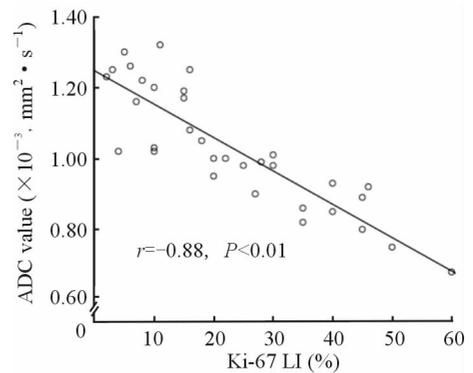


图 6 ADC 值与 Ki-67 表达的关系

Fig 6 Relationship between ADC value and Ki-67 expression  
ADC: Apparent diffusion coefficient; Ki-67 LI: Ki-67 labeling index

### 3 讨论

以往学者利用计算机断层尿路造影(computed tomography urography, CTU)及MR增强扫描对上尿路肿瘤的鉴别诊断进行了深入研究<sup>[6-8]</sup>,由于离子型对比剂及钆剂对肾功能有潜在的危害,故寻找一种无创且能替代造影剂的方法具有重要的意义。DWI是通过分析病理状态下细胞外间隙和细胞内外水分子的扩散变化来诊断疾病, Akita等<sup>[1]</sup>将增强扫描与DWI序列进行比较,认为DWI诊断病变的敏感性更高。因此,本研究的主要目的是评估DWI对肾盂癌病变分期分级的诊断价值。

#### 3.1 DWI对肾盂癌病变的诊断价值

3.1.1 高b值DWI有助于发现病变 既往研究表明,高b值DWI具有较高的敏感性及特异性<sup>[1,9-10]</sup>。本研究发现当 $b=800\text{ s/mm}^2$ 时,肿瘤组织DWI呈相对低信号,与周围高信号的尿液形成鲜明对比,即使是直径为0.6 cm的肿瘤也能清楚显示。

3.1.2 ROI的选择对病变部位ADC值的影响 ADC值是一个反映水分子弥散的量化指标,而肾脏肿瘤的ADC值在以往文献报道中表现出明显的差异<sup>[11-12]</sup>。有研究者认为ADC值不同可能与ROI的选取位置及大小有关;也有人提出测量恶性肿瘤的ADC值应该选择minADC值作为“热点区域”,认为minADC值对应于肿瘤细胞密度最高的部分<sup>[13-14]</sup>。故我们认为ROI的选择可能会对ADC值产生影响,因此本研究分别采用大小2个ROI及测量minADC值3种方法进行比较,结果提示3组ROI差异无统计学意义,即ROI的选取对ADC值的影响不大。这可能是因为肾盂癌为尿路上皮癌,囊变坏死少见,信号较为均一,本组病例中无一例出现明显的囊变,故3种ROI选择方法对ADC值的测量结果影响不大,提示ROI的选择对肾盂癌影响基本可以忽略。本研究测量的ADC值考虑更全面,保证了测量数据的可靠性。

3.2 ADC值对肾盂癌病变分期分级的诊断价值 临床上40%的尿路上皮癌患者在确诊时已发现肌层侵犯,一般存活率不超过5年<sup>[15]</sup>。因此,移行上皮癌的早期诊断及侵袭性的评估直接关系到患者的治疗及预后。本研究发现,ADC值不但与肾盂癌的组织学分级有关,还与临床分期有关。组织

学高级别及临床分期较早( $T_a \sim T_2$ )的肾盂癌的ADC值较低级别及晚期( $T_3$ 期)的肾盂癌低( $P < 0.01, P < 0.05$ ),这与Kobayashi等<sup>[16]</sup>和Yamada等<sup>[17]</sup>关于膀胱癌的研究结果相似。而Sufana Iancu等<sup>[3]</sup>认为上尿路上皮癌的ADC值与临床分期并没有相关性,可能与其样本量不足(共18例)有关。我们认为高度恶性肿瘤的生物学特性及其结构在水分子弥散受限中起着重要的作用,高级别肿瘤往往细胞密度更高,细胞排列紊乱致细胞外水分子运动减慢,这是其ADC值更低的根本原因。本研究结果初步表明,ADC值可能有助于预测肿瘤的恶性程度及评价预后,对于肿瘤活检取样困难的患者或肿瘤太小无法取样的患者提供了新的评估方法。

Ki-67蛋白检测是目前检测肿瘤增殖活性和增殖速率最可靠的方法,日本有学者报道Ki-67 LI与肾盂及输尿管癌的分期及分级高度相关<sup>[18]</sup>。还有学者发现Ki-67表达水平越高,越易发生侵袭及淋巴结转移<sup>[12,19]</sup>。本研究发现,Ki-67表达量不但与肾盂癌的分期分级有关,且与ADC值呈负相关,进一步证实ADC值可以作为肾盂癌恶性程度的评估及预后指标,结合肿瘤分期分级可提高对预后评估的准确性。研究表明输尿管镜活检有约60%组织学分级低估<sup>[20]</sup>,而ADC值也许可以作为肿瘤侵犯性的一个新的量化指标,是对常规MR的有益补充。

本研究结果表明DWI ADC值与肿瘤的分期分级有关,可以作为肾盂癌术前危险分层的有力工具,对患者的个体化治疗方案的制定及预后评估有重要价值。由于本研究病例数少,T分期及组织学分级不够详尽,需要扩大样本进一步研究。

#### [参考文献]

- [1] AKITA H, JINZAKI M, KIKUCHI E, SUGIURA H, AKITA A, MIKAMI S, et al. Preoperative T categorization and prediction of histopathologic grading of urothelial carcinoma in renal pelvis using diffusion-weighted MRI[J]. Am J Roentgenol, 2012, 188: 67-68.
- [2] 胡翼江,贾迪,徐正道,王姣,蔡惠芳,杨伟,等. 磁共振扩散加权成像在鉴别良恶性胆囊息肉样病变中的价值[J]. 中华医学杂志, 2015, 95: 3201-3204.
- [3] SUFANA IANCU A, COLIN P, PUECH P, VILLERS A, OUZZANE A, FANTONI J C, et al. Significance of ADC value for detection and

- characterization of urothelial carcinoma of upper urinary tract using diffusion-weighted MRI[J]. *World J Urol*, 2013, 31: 13-19.
- [4] SUN Y, TONG T, CAI S, BI R, XIN C, GU Y. Apparent diffusion coefficient (ADC) value: a potential imaging biomarker that reflects the biological features of rectal cancer[J]. *PLoS One*, 2013, 9: e109371.
- [5] YOSHIDA S, KOBAYASHI S, KOGA F, ISHIOKA J, ISHII C, TANAKA H, et al. Apparent diffusion coefficient as a prognostic biomarker of upper urinary tract cancer: a preliminary report [J]. *Eur Radiol*, 2013, 23: 2206-2214.
- [6] XU A D, NG C S, KAMAT A, GROSSMAN H B, DINNEY C, SANDLER C M. Significance of upper urinary tract urothelial thickening and filling defect seen on MDCT urography in patients with a history of urothelial neoplasms [J]. *Am J Roentgenol*, 2010, 195: 959-965.
- [7] RAMAN S P, HORTON K M, FISHMAN E K. MDCT evaluation of ureteral tumors: advantages of 3D reconstruction and volume visualization [J]. *Am J Roentgenol*, 2013, 201: 1239-1247.
- [8] GANDRUP K L, NORDLING J, BALSLEV I, THOMSEN H S. Upper urinary tract tumors: how does the contrast enhancement measured in a split-bolus CTU correlate to histological staging[J]. *Acta Radiol*, 2013, 55: 761-768.
- [9] 梁宇霆, 靳二虎, 张艺, 邓立刚, 付静媛. 磁共振扩散加权成像在前列腺癌检出和鉴别诊断中的价值[J]. *磁共振成像*, 2010, 1: 272-276.
- [10] 吕琦, 王培军, 邵志红, 倪炯, 王国良. CT增强扫描及磁共振DWI序列对肿块型胰腺炎与胰腺癌的鉴别诊断价值[J]. *第二军医大学学报*, 2013, 34: 974-979.
- LÜ Q, WANG P J, SHAO Z H, NI J, WANG G L. CT enhancement scanning and diffusion-weighted magnetic resonance imaging for differential diagnosis between chronic mass-forming pancreatitis and pancreatic carcinoma[J]. *Acad J Sec Mil Med Univ*, 2013, 34: 974-979.
- [11] ZHANG Y D, WU C J, WANG Q, ZHANG J, WANG X N, LIU X S, et al. Comparison of utility of histogram apparent diffusion coefficient and  $R2^*$  for differentiation of low-grade from high-grade clear cell renal cell carcinoma[J]. *Am J Roentgenol*, 2015, 205: 193-201.
- [12] KANG S K, ZHANG A, PANDHARIPANDE P V, CHANDARANA H, BRAITHWAITE R S, LITTENBERG B, et al. DWI for renal mass characterization: systematic review and meta-analysis of diagnostic test performance[J]. *Am J Roentgenol*, 2015, 205: 317-324.
- [13] YU X, LIN M, OUYANG H A, ZHOU C, ZHANG H. Application of ADC measurement in characterization of renal cell carcinomas with different pathological types and grades by 3.0 T diffusion-weighted MRI [J]. *Eur J Radiol*, 2012, 81: 3061-3066.
- [14] MURAKAMI R, HIRAI T, KITAJIMA M, FUKUOKA H, TOYA R, NAKAMURA H, et al. Magnetic resonance imaging of pilocytic astrocytomas: usefulness of the minimum apparent diffusion coefficient (ADC) value for differentiation from high grade gliomas[J]. *Acta Radiol*, 2008, 49: 462-467.
- [15] KOJIMA K, NARUO S, KANAYAMA H, KAGAWA S. [Evaluation of Ki-67 antigen using MIB1 antibody as a prognostic factor in renal pelvic and ureteral cancer][J]. *Nihon Hinyokika Gakkai Zasshi*, 1996, 87: 822-830.
- [16] KOBAYASHI S, KOGA F, YOSHIDA S, MASUDA H, ISHII C, TANAKA H, et al. Diagnostic performance of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in bladder cancer: potential utility of apparent diffusion coefficient values as a biomarker to predict clinical aggressiveness [J]. *Eur Radiol*, 2011, 21: 2178-2186.
- [17] YAMADA Y, KOBAYASHI S, ISOSHIMA S, ARIMA K, SAKUMA H, SUGIMURA Y. The usefulness of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in bladder cancer staging and functional analysis[J]. *J Cancer Res Ther*, 2014, 10: 878-882.
- [18] 陈俊星, 邓楠, 陈凌武, 李晓飞, 丘少鹏, 吴荣佩, 等. 欧洲癌症研究与治疗组织风险评分表在非肌层浸润性膀胱尿路上皮癌中的临床应用初探[J]. *中华泌尿外科杂志*, 2011, 32: 228-231.
- [19] YOSHIDA S, MASUDA H, ISHII C, TANAKA H, FUJII Y, KAWAKAMI S. Usefulness of diffusion-weighted MRI in diagnosis of upper urinary tract cancer [J]. *Am J Roentgenol*, 2011, 196: 110-116.
- [20] TAOULI B, THAKUR R K, MANNELLI L, BABBI S, KIM S, HECHT E M, et al. Renal lesions: characterization with diffusion-weighted imaging versus contrast-enhanced MR imaging [J]. *Radiology*, 2009, 251: 398-407.