

• 实验研究 •

IVIM-DWI 评价静脉水化对碘对比剂所致家兔肾损伤的预防效果

由贺, 任克, 刘璐, 王永芳, 孙文阁, 赵丽

【摘要】 目的:采用 IVIM-DWI 评价注射碘对比剂前后静脉水化对碘对比剂所致肾脏损伤的预防效果。**方法:**36 只健康雄性家兔, 随机分成 4 组(每组 9 只)。A 组:注射等量生理盐水;B 组:碘对比剂注射前 3h 水化;C 组:碘对比剂注射后 3h 水化;D 组:注射等量碘对比剂。碘对比剂注射剂量为 1 g I/kg, 在注射后 3 h、24 h、72 h 对家兔进行肾脏 IVIM-DWI 检查。同时在对应时间点每组分别随机处死 3 只家兔, 取右肾制作病理标本。**结果:**与 A 组相比, B、C、D 三组在注射对比剂 3 h 肾脏皮、髓质 D 值、D* 值、f 值均下降, B 组皮质 D 值 $(5.91 \pm 0.66) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ 和髓质 D 值 $(5.35 \pm 0.82) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ 与对应 C 组皮质 D 值 $(4.90 \pm 0.93) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ 和髓质 D 值 $(4.29 \pm 0.73) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ 存在统计学差异 ($P < 0.05$), 在 24 h 肾脏皮质 D 值、D* 值、f 值降至最低, B 组皮质 D 值 $(5.62 \pm 0.65) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、D* 值 $(7.86 \pm 0.48) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、f 值 $(40.20 \pm 4.47)\%$ 与 C 组皮质 D 值 $(4.55 \pm 0.68) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、D* 值 $(6.82 \pm 0.40) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、f 值 $(30.30 \pm 4.34)\%$ 存在统计学差异 ($P < 0.05$), 72 h 肾脏皮质 D 值、D* 值、f 值呈现回升趋势, 髓质 D 值、D* 值、f 值下降至最低, B 组髓质 D 值 $(5.09 \pm 0.21) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、D* 值 $(7.37 \pm 0.77) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、f 值 $(34.10 \pm 5.14)\%$ 与 C 组髓质 D 值 $(4.01 \pm 0.58) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、D* 值 $(6.27 \pm 0.47) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、f 值 $(25.70 \pm 3.35)\%$ 值存在统计学差异 ($P < 0.05$)。显微镜下观察病理切片, 可见不同程度的肾小球和肾小管细胞混浊、肿胀、变性, 集合管管型, 间质充血, 以 D 组病理损伤最重, B 组病理损伤最轻。同时免疫组化水通道蛋白 1 (APQ1), D 组表达增加最多, B 组表达增加最少。**结论:**IVIM-DWI 可有效评估注射碘对比剂前后静脉水化对碘对比剂所致的家兔肾损伤的保护作用, 在注射碘对比剂前静脉水化、效果更好。

【关键词】 体素内不相干运动; 静脉水化; 碘对比剂; 兔

【中图分类号】 R445.2; R692; R9332 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)03-0259-07

DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.03.004

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effect of venous hydration in preventing renal impairment after injection of iodinated contrast medium using IVIM-DWI YOU He, REN Ke, LIU Lu, et al. Department of Radiology, the First Hospital of China Medical University, Shenyang 110001, China

【Abstract】 Objective: To investigate IVIM-DWI on evaluation of the effect of venous hydration before and after the injection of iodinated contrast medium in preventing renal impairment. **Methods:** 36 healthy male rabbits were randomly and equally divided into four groups ($n=9$ each). Rabbits in group A were injected with equal amount of saline. Rabbits in group B were hydrated 3 hours before injecting iodinated contrast medium. Rabbits in group C were hydrated 3 hours after injecting iodinated contrast medium. Rabbits in group D were injected with equal amount of iodinated contrast medium without hydration before or after. MRI IVIM-DWI was performed on the rabbit kidneys 3 hours, 24 hours and 72 hours after the injection of iodinated contrast medium at a dose of 1 g I/kg. Upon the completion of each corresponding scan, 3 rabbits in each group were randomly killed and their right kidneys were harvested and made into specimen. **Results:** The D value, D* value and f value of renal cortex in the renal cortex decreased 3h after the injection of contrast agent, and the D value $(5.91 \pm 0.66) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ and medulla D value $(5.35 \pm 0.82) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ of the B group and the corresponding C group. Cortical D

作者单位: 110001 沈阳, 中国医科大学附属第一医院放射科

作者简介: 由贺 (1992-), 女, 辽宁省本溪市人, 硕士研究生, 主要从事腹部影像诊断工作。

通讯作者: 任克, E-mail: renke815@sina.com

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (81571635); “数字诊疗装备研发” 试点专项 “MRI 设备及其临床应用评价研究” (2016YFC0106900)

value $(4.90 \pm 0.93) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ and medullary D value $(4.29 \pm 0.73) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$ were statistically different ($P < 0.05$), at 24h, renal cortex D value, D^* value, f value decreased to the lowest, group B cortical D value $(5.62 \pm 0.65) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$, D^* value $(7.86 \pm 0.48) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$, f value $(40.20 \pm 4.47)\%$ and group C cortical D value $(4.55 \pm 0.68) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, D^* value $(6.82 \pm 0.40) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, f value $(30.30 \pm 4.34)\%$. There was a statistical difference ($P < 0.05$), 72h, renal cortex D value, D^* value, f showed a rising trend, medulla D value, D^* value, f value decreased to the lowest, group B medulla D value $(5.09 \pm 0.21) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$, D^* value $(7.37 \pm 0.77) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, f value $(34.10 \pm 5.14)\%$ and group C medullary D value $(4.01 \pm 0.58) \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{s}$, D^* value $(6.27 \pm 0.47) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, f value $(25.70 \pm 3.35)\%$ value statistics Learning differences ($P < 0.05$). Different pathological changes were revealed by microscopy in each group, such as muddy, swelling, and degeneration in glomerulus and renal tubules with cast in collection tubes and interstitial hyperemia, with the most serious damage in group D and the minimal in group B. Membrane staining of APQ1 could be identified with immunohistochemistry, with the highest expression in group D and the lowest expression in group B. **Conclusion:** IVIM-DWI can effectively evaluate the protective effect of hydration before and after injection of contrast medium on rabbit kidneys from injury induced by iodinated contrast agent. Venous hydration before injection has the best effect.

【Key words】 Intravoxel incoherent motion; Hydration therapy; Iodinated contrast agent; Rabbits

随着人们对于碘对比剂对肾脏影响的更进一步认识,碘对比剂注射后导致的急性肾损伤(post-contrast acute kidney injury, PC-AKI)这一新概念被提出^[1]。目前,对比剂安全委员会更新对比剂使用指南并规定 PC-AKI 是指静脉注射碘对比剂后 2~3 d,血清肌酐水平出现短暂性的升高并超过基础值的 1.5 倍或绝对值增加 0.3 mg/dL ($26.5 \mu\text{mol/L}$)^[1]。而之前对比剂安全委员会将对对比剂肾损伤定义为静脉注射碘对比剂后 2~3 d,并排除其他肾脏损害因素,血清肌酐水平出现短暂性的升高并超过基础值的 25% 或绝对值增加 0.5 mg/dL ($44.2 \mu\text{mol/L}$)^[2]。国际改善全球肾脏病预后组织目前也采用了 PC-AKI 的定义更新了有关对比剂肾损伤标准,认为血肌酐增加 0.3 mg/dL ($26.5 \mu\text{mol/L}$),或者血肌酐超过基线水平的 1.5~1.9 倍,而这一定义也被欧洲肾脏最佳实践指南工作组所推荐^[1]。不同机构对碘对比剂肾损伤的定义及诊断标准不同,不利于其早期发现、诊断、治疗及对发病率的准确评估。PC-AKI 的重要危险因素是慢性肾脏病和脱水^[1],而对于肾功能正常的患者脱水成为主要危险因素。针对碘对比剂肾损伤并无特殊有效的治疗手段,静脉水化是临床上最常用的预防方法,但关于水化方式、时间、途径的选择尚无统一标准^[3-4]。临床主要采用静脉水化和口服水化两种方式,根据美国放射学会指导方针,口服水化效果不太理想,静脉水化液体优选等渗盐水。功能磁共振成像(fMRI)是一种高效无创的检查技术,可多方位成像、具有良好的软组织分辨力,目前被广泛应用于肾脏检查^[5-8]。基于体素内不相干运动(intravoxel incoherent motion, IVIM)的扩

散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)可用于量化体素内的两种运动成分,即单纯水分子扩散及血液灌注^[9],能够准确反映肾脏的水分子扩散及血液灌注情况,对于碘对比剂肾损伤的诊断有重要意义^[5-8,10]。水通道蛋白(APQ)是位于细胞膜上的孔道,控制水分子的转运,在肾组织细胞中 APQ1 的表达与水分重吸收和尿液的浓缩有关^[11]。相关研究表明在高渗透压环境作用下细胞内 APQ1 在蛋白激酶 A 的作用下向细胞膜移动,诱导细胞膜 APQ1 表达增加^[12]。本实验使用的碘海醇 350 注入静脉后血浆渗透压增高,APQ1 表达增加。此外碘对比剂会引起渗透性利尿,而急性肾损伤尿量增多以 APQ1 为媒介。因而 APQ1 的表达反映了肾损伤的程度。本实验利用 IVIM-DWI 来评价静脉水化对碘对比剂所致家兔肾功能损伤的预防作用,并进行病理验证。

材料与方法

1. 实验动物

本实验选用的家兔由中国医科大学动物部提供并经伦理许可。36 只健康雄性家兔给予正常喂养条件,每只体重 2.5~3.0 kg,所有实验操作均遵守中国医科大学动物使用和保护规定。

2. 实验分组

36 只家兔随机分成 4 组(每组 9 只)。A 组:注射等量生理盐水;B 组:注射碘对比剂前 3 h 静脉水化;C 组:注射碘对比剂后 3h 静脉水化;D 组:注射等量碘对比剂。

3. 研究方法

采用 GE Twin Speed 3.0T 磁共振扫描仪器,8 通道阵列体线圈。扫描前 4 h 禁水,12 h 禁食,每组家兔肌肉注射 3% 戊巴比妥钠 (1 mL/kg) 及速眠新 (0.1 mL/kg) 进行麻醉。水化方式为经家兔耳缘静脉滴注生理盐水 (0.9% NaCl), 时间为 3 h, 流率为 4 mL/kg/h。本实验所用碘对比剂为碘海醇 350, 将对对比剂在恒温箱中提前预热至 37℃, 按照 1 g I/kg^[13-15] 经家兔耳缘静脉手推注射, 流率为 4~4.5 mL/s。注射碘对比剂后 3 h、24 h、72 h 将家兔仰卧位、头先进放置于配套的动物线圈中进行肾脏 IVIM-DWI 扫描。因左肾易受胃泡结构的影响, 故选取右肾扫描值。扫描参数: 采用单次激发自旋回波扩散加权平面回波成像, b 值为 10, 20, 50, 100, 200, 400, 600, 800, 1200 s/mm², 行冠状面扫描, 层数 5 层, 视野 16 cm×16 cm, 层厚 2.4 mm, TR 4050 ms, TE 96.3 ms, 激励次数 2, 扫描时间为 6 分 41 秒。

4. 观察指标

将扫描所得 IVIM-DWI 图像传至 GE-ADW4.4 工作站, 选取右肾冠状面在皮质、髓质勾画半月形兴趣区 (ROI), ROI 面积≥20 mm², 避开肾窦周围大血管及脂肪 (图 1)。获得 IVIM-DWI 参数值 (D、D*、f) 及伪彩图。在每个时间点扫描结束后, 每组分别随机处死 3 只家兔, 取右肾放入 4% 甲醛溶液中固定, 样本进行 HE 染色及 APQ1 免疫组化检查, 分析肾脏的病理生理变化。

5. 统计学分析

所有数据均采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析, 以均数±标准差表示, 对样本均数进行正态性及方差齐性检验, 符合正态分布和方差齐性采用单因素方

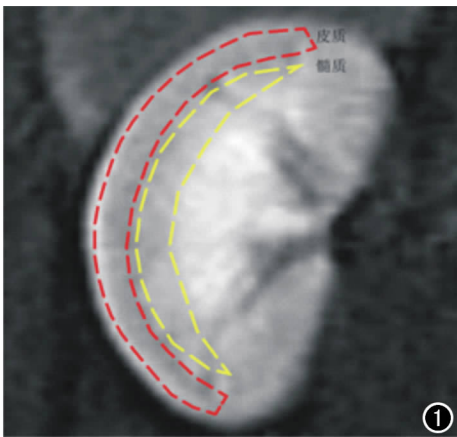


图 1 兴趣区放置示意图。

差分析方法, 两两比较采用 LSD 方法, 对非正态分布采用 Kruskal-Wallis 检验, 以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. IVIM 扫描各参数测量结果

与 A 组相比, B、C、D 三组注射对比剂后 3 h 肾脏皮、髓质 D 值明显下降, D* 值、f 值仅轻度下降。B 组与 D 组间、C 组与 D 组间、B 组与 C 组间 D 值差异具有统计学意义 ($P<0.05$), D* 值、f 值差异无统计学意义 ($P>0.05$) (表 1、2)。24 h、72 h 时 B 组与 D 组间、C 组与 D 组间、B 组与 C 组间肾脏皮、髓质 D 值、D* 值、f 值差异均具有统计学意义 ($P<0.05$) (表 3~6)。肾脏皮质 D 值、D* 值、f 值于注射对比剂后 3 h 下降, 24 h 降至最低, 72 h 呈恢复趋势, 髓质 D 值、D* 值、f 值于 3 h 开始至 72 h 持续下降。

表 1 注射对比剂后 3 h 肾脏皮质 D 值、D* 值、f 值

参数	A 组	B 组	C 组	D 组	F	P
D(×10 ⁻⁴ mm ² /s)	6.81±0.59	5.91±0.66* [#]	4.90±0.9 ³ *	3.93±0.45	30.278	<0.01
D*(×10 ⁻⁴ mm ² /s)	8.89±1.31	8.65±0.60	8.49±1.03	8.37±0.84	0.467	0.708
f(%)	48.50±4.71	45.30±5.93	44.10±6.74	43.10±6.28	1.387	0.264

注: * 与 D 组相比差异有统计学意义, # 与 C 组相比差异有统计学意义。

表 2 注射对比剂后 3 h 肾脏髓质 D 值、D* 值、f 值

参数	A 组	B 组	C 组	D 组	F/K-W	P
D(×10 ⁻⁴ mm ² /s)	6.50±0.98	5.35±0.82* [#]	4.29±0.73*	3.40±0.62	25.499	<0.05
D*(×10 ⁻⁴ mm ² /s)	8.62±0.98	8.32±1.00	8.28±0.73	8.01±0.84	1.025	0.599
f(%)	43.00±5.84	40.70±6.27	39.30±4.84	38.10±3.65	0.914	0.633

注: * 与 D 组相比差异有统计学意义, # 与 C 组相比差异有统计学意义。D* 值及 f 值为非正态分布, 采用 Kruskal-Wallis 检验。

表 3 注射对比剂后 24 h 肾脏皮质 D 值、D* 值、f 值

参数	A 组	B 组	C 组	D 组	F	P
D(×10 ⁻⁴ mm ² /s)	6.79±0.85	5.62±0.65* [#]	4.55±0.68*	3.60±0.49	24.644	<0.05
D*(×10 ⁻⁴ mm ² /s)	8.97±1.16	7.86±0.48* [#]	6.82±0.40*	5.96±0.45	21.078	<0.05
f(%)	49.70±2.93	40.20±4.47* [#]	30.30±4.34*	21.10±2.76	34.812	<0.05

注: * 与 D 组相比差异有统计学意义, # 与 C 组相比差异有统计学意义。

表 4 注射对比剂后 24h 肾脏髓质 D 值、D* 值、f 值

参数	A 组	B 组	C 组	D 组	F	P
D($\times 10^{-4}$ mm ² /s)	6.41 $\pm$ 0.79	5.22 $\pm$ 0.63* [#]	4.16 $\pm$ 0.40*	3.15 $\pm$ 0.46	30.484	<0.05
D*($\times 10^{-4}$ mm ² /s)	8.55 $\pm$ 0.84	7.58 $\pm$ 0.93* [#]	6.42 $\pm$ 0.70*	5.49 $\pm$ 0.55	18.205	<0.05
f(%)	44.20 $\pm$ 4.51	36.20 $\pm$ 7.49* [#]	27.80 $\pm$ 5.79*	18.60 $\pm$ 3.27	24.188	<0.05

注：* 与 D 组相比差异有统计学意义，# 与 C 组相比差异有统计学意义。

表 5 注射对比剂后 72h 肾脏皮质 D 值、D* 值、f 值

参数	A 组	B 组	C 组	D 组	F	P
D($\times 10^{-4}$ mm ² /s)	6.83 $\pm$ 0.44	5.76 $\pm$ 0.34* [#]	4.87 $\pm$ 0.29*	3.78 $\pm$ 0.82	50.898	<0.01
D*($\times 10^{-4}$ mm ² /s)	8.98 $\pm$ 0.17	8.02 $\pm$ 0.30* [#]	6.99 $\pm$ 0.59*	6.08 $\pm$ 0.14	38.890	<0.05
f(%)	49.10 $\pm$ 2.78	40.80 $\pm$ 3.62* [#]	32.60 $\pm$ 4.66*	23.30 $\pm$ 2.22	30.762	<0.05

注：* 与 D 组相比差异有统计学意义，# 与 C 组相比差异有统计学意义。

表 6 注射对比剂后 72h 肾脏髓质 D 值、D* 值、f 值

参数	A 组	B 组	C 组	D 组	F	P
D($\times 10^{-4}$ mm ² /s)	6.49 $\pm$ 0.52	5.09 $\pm$ 0.21* [#]	4.01 $\pm$ 0.58*	2.98 $\pm$ 0.27	30.178	<0.05
D*($\times 10^{-4}$ mm ² /s)	8.60 $\pm$ 0.37	7.37 $\pm$ 0.77* [#]	6.27 $\pm$ 0.47*	5.19 $\pm$ 0.31	24.721	<0.05
f(%)	43.70 $\pm$ 1.93	34.10 $\pm$ 5.14* [#]	25.70 $\pm$ 3.35*	16.50 $\pm$ 1.19	30.762	<0.05

注：* 与 D 组相比差异有统计学意义，# 与 C 组相比差异有统计学意义。

2. IVIM 扫描获取伪彩图

24 h 的 T₂WI、D 值、D* 值 及 f 值伪彩图(图 2)。各组 D 值、D* 值及 f 值在同一窗宽窗位下 A 组肾脏皮质、髓质 D 值、D* 值及 f 值伪彩图呈明显暖色调改变,说明此时肾脏组织内、血管内无水分子扩散和微循环灌注受限;B 组、C 组、D 组肾脏皮质、髓质 D 值、D* 值及 f 值伪彩图呈逐渐冷色调改变,说明扩散受限逐渐加重;D 组冷色调改变最明显,说明此时扩散受限最严重。

3. 病理学分析结果

24 h 的 HE 染色及 APQ1 免疫组化结果,如图 3。A 组肾小球结构正常,未见肿胀,近曲小管上皮未见异常,包浆红染,间质疏松,毛细血管分布正常;细胞膜呈轻度着色。B 组肾小球轻度肿胀,近曲小管上皮胞浆略丰富,呈细颗粒状,未见坏死及变性,集合管无管型形成,间质未见明显改变;细胞膜着色较 A 组重。C 组肾小球结构不清,肿胀明显,近曲小管上皮体积增大,空泡变性明显,集合管内未见管型,间质轻度纤维化,部分毛细血管扩张伴充血;细胞膜着色较 B 组重。D 组肾小球结构萎缩,近曲小管上皮弥漫空泡变性,集合管内可见管型,间质纤维化伴出血;细胞膜着色最为严重,APQ1 表达最多。

讨 论

临床工作中,对比增强 CT 检查平均碘注射剂量为 0.3~0.7 g I/kg 体重,按照人与兔体表面积比值(1:3)换算,兔碘对比剂的注射剂量应 0.9~2.1 g I/kg 体重^[13]。本实验的剂量选为 1 g I/kg,这与文献的所选用的剂量保持一致^[14-15]。相关研究表明兔对碘对比

剂反应敏感^[14,16],有利于模拟临床肾功能正常的人在 接受碘对比剂及水化治疗的肾脏变化。传统磁共振 DWI 用于检测活体组织水分子扩散运动,其表观扩散系数(apparent diffusion coeficient, ADC)因存在受体素内微循环血流灌注的影响不能单纯的反应水分子扩散运动^[17-18]。Le Bihan 等^[9]提出体素内不相干运动扩散加权成像(IVIM-DWI),该技术通过多个不同 b 值扫描获得 DWI 信息,利用双指数模型进行拟合同时获得单个体素内的扩散和灌注信息,将水分子的真性扩散与血管灌注的假性扩散分离。近来研究表明, IVIM-DWI 能够反映全面真实的肾脏内部信息^[5-9]。本实验发现通过 IVIM-DWI 能有效监测家兔静脉注射碘对比剂后肾脏的动态变化。

注射对比剂后不同时间点 D 值、D* 值、f 值均下降,其中 D 值为组织扩散系数,反映纯水分子的扩散状态,D 值减小,说明水分子扩散受限,与碘对比剂诱发的肾血管灌注不足、细胞肿胀、间质纤维化、肾小管内液体流动阻力增加有关;D* 值为血管灌注相关的扩散系数,反应组织微循环的不相干运动,D* 值减小,与碘对比剂所致的肾血管收缩有关;f 值为灌注分数,反应灌注扩散占体素内总扩散的比重,f 值减小,说明微循环灌注降低,与碘对比剂所致的肾小球硬化、肾小管重吸收功能降低有关^[8-9]。在注射对比剂后 3 h 时 D 值下降较为显著,D* 值、f 值仅轻度下降,这可能与 D 值敏感程度高有关。在注射对比剂后 72 h 皮质 D 值、D* 值、f 值呈恢复趋势,而髓质 D 值、D* 值、f 值持续下降,说明髓质恢复较皮质慢。这种差异首先是因为正常生理状态下肾脏皮质血流丰富,肾组织灌注充分,髓质管径细小,血供较差,并且髓质由于肾小管的重吸

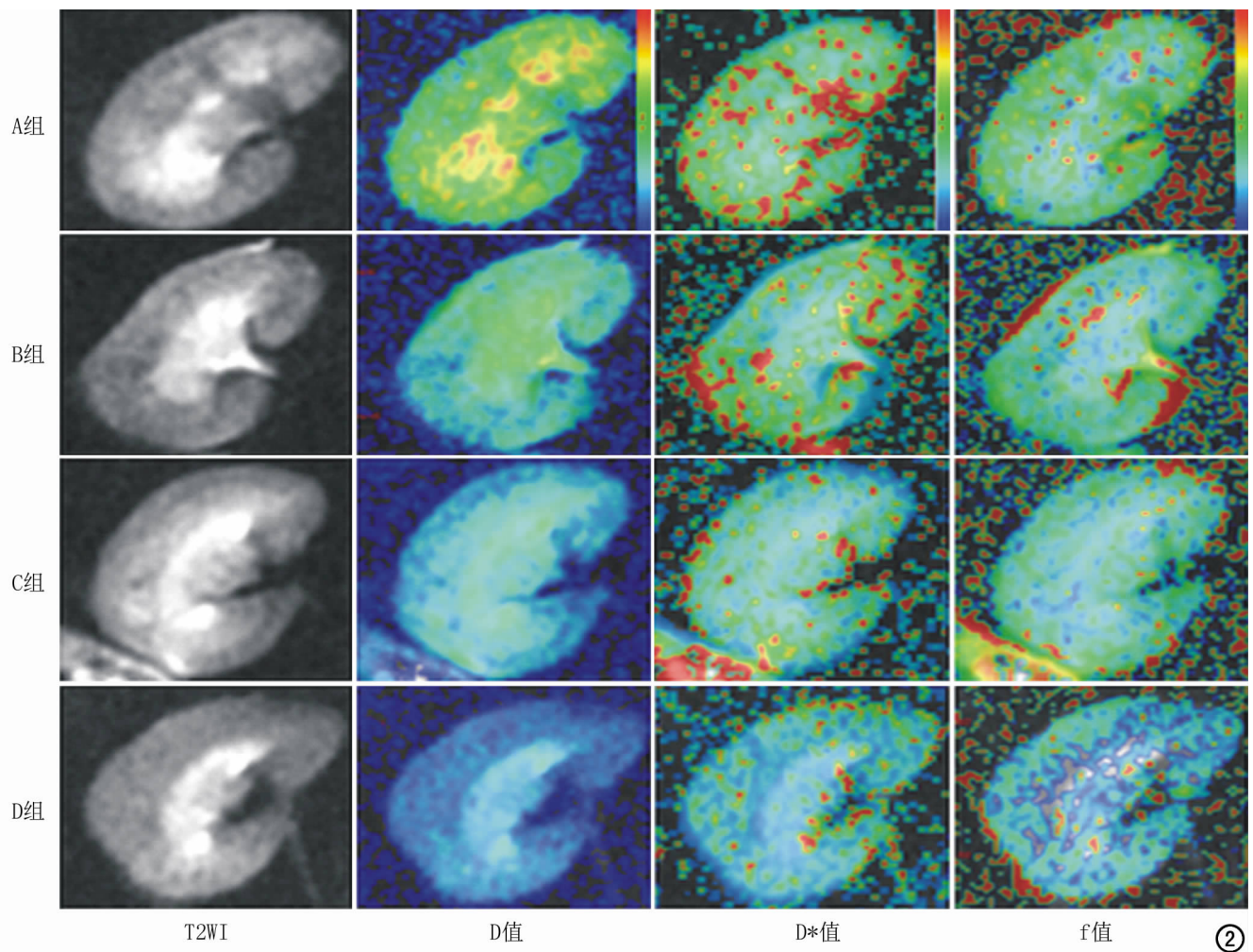


图 2 IVIM 扫描伪彩图。T₂WI、D 值、D* 值、f 值。

收而处于较高的代谢程度,这种生理及解剖因素使得肾脏皮、髓质的位于不同的氧分压环境^[15],当皮、髓质同时暴露于碘对比剂中,皮质的代偿能力大于髓质;其次是因为碘对比剂本质是不可吸收的溶质,进入体内经肾小球率过后肾小管含碘量增多,血液黏度增加,流速减慢,导致单位时间内肾脏髓质小血管血供进一步减少;最后碘对比剂会破坏肾小管上皮细胞的稳态,引发细胞凋亡、坏死,此外红细胞接触碘对比剂后失水变形,导致内部粘度增加,诱发肾小管血栓形成^[19-21]。由此,碘对比剂对髓质的损伤重于皮质。

注射碘对比剂水化组较单纯注射对比剂组能在一定程度上减轻肾脏损伤,这一结果与 HE 染色及 APQ1 免疫组化结果相一致。这可能因为水化能通过降低碘对比剂渗透压,减轻渗透性利尿,进而有效减少 APQ1 的表达有关。其次还能与下述机制有关^[22-24]:增加肾组织的灌注提高肾脏血流量,对抗肾素-血管紧张素系统,抑制血管加压素分泌,改善肾脏缺血状况;稀释对比剂和血管收缩介质,抑制集合管重吸收,降低肾小管中对比剂浓度,增加尿量促进对比剂排泄,降低

对比剂在肾小管的停留时间,减轻肾小管上皮细胞的毒性损伤;降低尿液的粘滞度,增加血液流速,防止肾小管微栓塞,减少管型形成。笔者研究发现注射碘对比剂前水化效果优于注射碘对比剂后水化,笔者推测注射碘对比剂前水化首先能纠正亚临床脱水;其次碘对比剂在体内不发生代谢,经肾小球率过后大部分剂量在短时间内排除体外,而静脉水化通过代谢最终形成尿液需要 1~3 h,因此注射对比剂前水化能及时增加肾血流量,减轻肾髓质缺血,中和碘对比剂,尽可能保证了碘对比剂与尿液同时排泄。相对于注射对比剂后水化在单位时间内减少肾脏的损伤。然而事实上门诊患者在接受碘对比剂前通常没有进行预水化,并且暴露于对比剂时常处于脱水状态,在这种情况下给予注射对比剂后的水化治疗是相当有必要的。

结合病理结果,本研究进一步证实了 IVIM-DWI 技术可以监测碘对比剂肾损伤的发生、发展,能较准确地评价静脉水化的保护作用。注射碘对比剂前后给予静脉水化在一定程度上能够预防损伤,且注射碘对比剂前水化效果优于注射对比剂后水化。临床中应结合

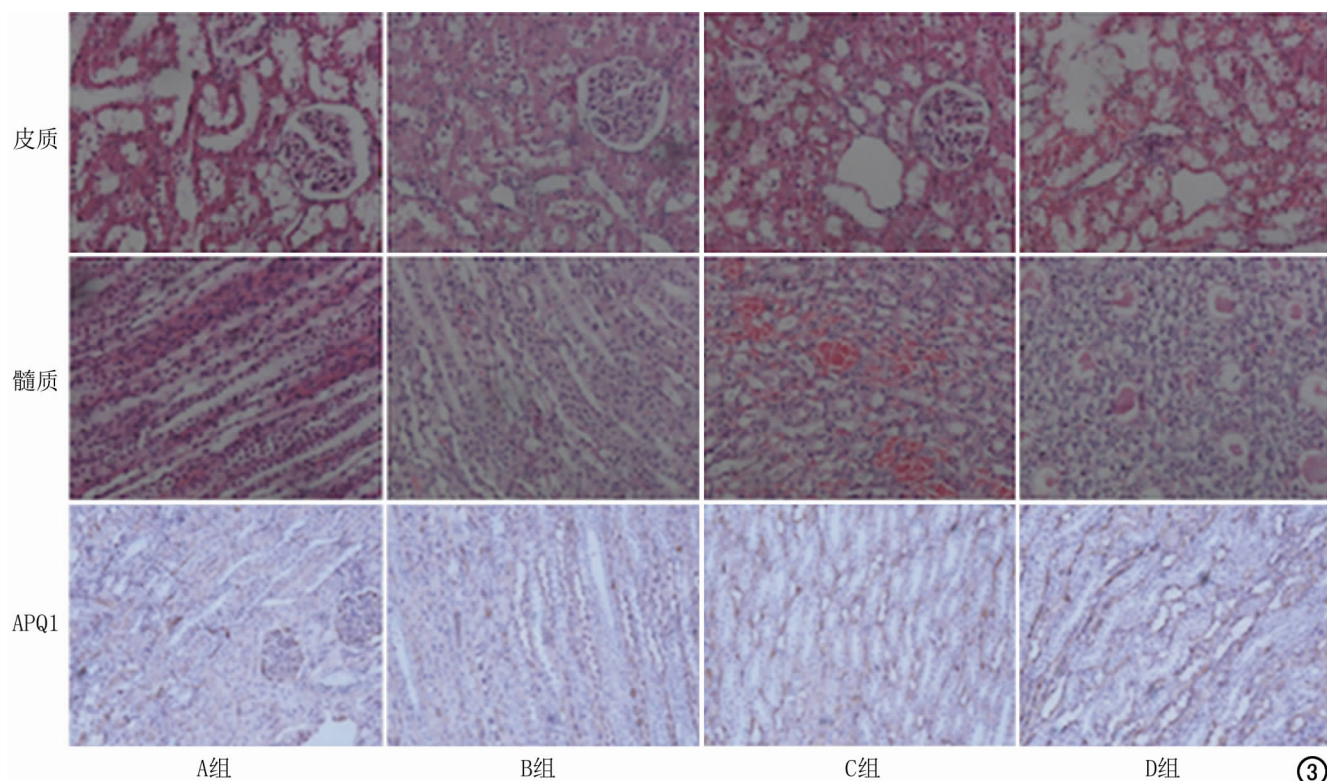


图3 HE染色及APQ1免疫组织化学分析表达水平($\times 200$)。

患者的实际情况进行个体化应对,例如对于高龄、心衰等需要限制体液摄入量的患者应优先选择在注射碘对比剂前水化,而对于特殊条件下未能行注射碘对比剂前水化的患者应在注射碘对比剂后及时水化。

使用IVIM-DWI技术还存在一定的缺陷,活体肾脏易受呼吸运动及体内肠气的干扰,该方法所需扫描时间长,不易控制动物的状态,不同生理状态差异还会导致IVIM-DWI参数变异,这些都是影响图像质量的因素。此外,本实验样本量较小,尚属于小样本的探索性研究,未来有待增加样本量进一步深入研究。

参考文献:

- [1] van der Molen AJ, Reimer P, Dekkers IA, et al. Post-contrast acute kidney injury-Part 1: definition, clinical features, incidence, role of contrast medium and risk factors; Recommendations for updated ESUR Contrast Medium Safety Committee guidelines[J]. Eur Radiol, 2018, 28(7): 2845-2855.
- [2] Stacul F, van der Molen AJ, Reimer P, et al. Contrast induced nephropathy: updated ESUR Contrast Media Safety Committee guidelines[J]. Eur Radiol, 2011, 21(12): 2527-2541.
- [3] van der Molen AJ, Reimer P, Dekkers IA, et al. Post-contrast acute kidney injury. Part 2: risk stratification, role of hydration and other prophylactic measures, patients taking metformin and chronic dialysis patients; Recommendations for updated ESUR Contrast Medium Safety Committee guidelines[J]. Eur Radiol, 2018, 28(7): 2856-2869.
- [4] F? hling M, Seeliger E, Patzak A, et al. Understanding and preventing contrast-induced acute kidney injury[J]. Nat Rev Nephrol, 2017, 3(3): 169-180.
- [5] 张鑫, 王艺, 任克. 碘对比剂肾损伤的检测方法[J]. 放射学实践, 2017, 32(6): 643-649.
- [6] Hueper K, Hartung D, Gutberlet M, et al. Assessment of impaired vascular reactivity in a rat model of diabetic nephropathy: effect of nitric oxide synthesis inhibition on intrarenal diffusion and oxygenation measured by magnetic resonance imaging[J]. Am J Physiol Renal Physiol, 2013, 305(10): F1428- F1435.
- [7] Liang L, Chen WB, Chan KW, et al. Using intravoxel incoherent motion MR imaging to study the renal pathophysiological process of contrast-induced acute kidney injury in rats: Comparison with conventional DWI and arterial spin labelling[J]. Eur Radiol, 2016, 26(6): 1597-1605.
- [8] Zhang B, Dong Y, Guo B, et al. Application of noninvasive functional imaging to monitor the progressive changes in kidney diffusion and perfusion in contrast-induced acute kidney injury rats at 3.0T[J]. Abdom Radiol(NY), 2018, 43(3): 655-662.
- [9] Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, et al. Separation of diffusion and perfusion in intravoxel incoherent motion MR imaging[J]. Radiology, 1988, 168(2): 497-505.
- [10] Jerome NP, Orton MR, d'Arcy JA, et al. Comparison of free-breathing with navigator-controlled acquisition regimes in abdominal diffusion-weighted magnetic resonance images: effect on ADC and IVIM statistics[J]. J Magn Reson Imaging, 2014, 39(1): 235-240.
- [11] Joyner J, Neves LA, Stovall K, et al. Angiotensin-(1-7) serves as an aquaretic by increasing water intake and diuresis in association with down regulation of aquaporin-1 during pregnancy in rats[J]. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 2008, 294

- (3);R1073- R1080.
- [12] Sakurada T, Kuboshima S, Ogimoto G, et al. Aquaporin-1 is recruited to the plasma membrane by hyperosmotic stimuli via a protein kinase A-dependent pathway in rat peritoneal mesothelial cells[J]. Adv Perit Dial, 2004, 20: 37-42.
- [13] Lenhard DC, Frisk AL, Lengsfeld P, et al. The effect of iodinated contrast agent properties on renal kinetics and oxygenation[J]. Invest Radiol, 2013, 48(4): 175-182.
- [14] Bhargava AS, Hofmeister R, Siegmund F, et al. Effect of three non-ionic contrast media on rats and rabbits with regard to renal changes. Interspecies comparison [J]. Arzneimittelforschung, 1990, 40(7): 822-829.
- [15] Wang JH, Ren K, Sun WG, et al. Effects of iodinated contrast agents on renal oxygenation level determined by blood oxygenation level dependent magnetic resonance imaging in rabbit models of type 1 and type 2 diabetic nephropathy[J]. BMC Nephrol, 2014, 15: 140.
- [16] Tsamouri MM, Rapti M, Kouka P, et al. Histopathological evaluation and redox assessment in blood and kidney tissues in a rabbit contrast-induced nephrotoxicity model[J]. Food Chem Toxicol, 2017, 108(Pt A): 186-193.
- [17] Le B D, Breton E, Lallemand D, et al. MR imaging of intravoxel incoherent motions; application to diffusion and perfusion in neurologic disorders[J]. Radiology, 1986, 161(2): 401.
- [18] Iima M, Le Bihan D. Clinical intravoxel incoherent motion and diffusion MR imaging: past, present, and future[J]. Radiology, 2016, 278(1): 13-32.
- [19] Caiazza A, Russo L, Sabbatini M, et al. Hemodynamic and tubular changes induced by contrast media[J]. Biomed Res Int, 2014; 578974. DOI: 10. 1155/2014/578974.
- [20] Aurelio A, Durante A. Contrast-induced nephropathy in percutaneous coronary interventions: pathogenesis, risk factors, outcome, prevention and treatment[J]. Cardiology, 2014, 128(1): 62-72.
- [21] Li LP, Thacker J, Lu J, et al. Efficacy of preventive interventions for iodinated contrast-induced acute kidney injury evaluated by intrarenal oxygenation as an early marker[J]. Invest Radiol, 2014, 49(10): 647-652.
- [22] Sholy H, Zukermann R, Soni A, et al. Contrast induced nephropathy: an update on diagnosis, predictors, implications and preventive strategies[J]. Minerva Med, 2012, 103(6): 465-486.
- [23] Andreucci M, Faga T, Pisani A, et al. Acute kidney injury by radiographic contrast media: pathogenesis and prevention[J]. Biomed Res Int, 2014; 362725. DOI: 10. 1155/2014/362725.
- [24] Ellis JH, Cohan RH. Prevention of contrast-induced nephropathy; an overview[J]. Radiol Clin North Am, 2009, 47(5): 801-811.

(收稿日期: 2018-06-20 修回日期: 2018-10-18)

本刊网站及远程稿件处理系统投入使用

本刊网站与远程稿件处理系统已开发测试完毕,已于 2008 年 3 月 1 号正式开通投入使用。

作者进行网上投稿及查稿具体步骤如下:请登录《放射学实践》网站(<http://www.fsxsj.net>)点击进入首页→点击“作者投稿”→按提示注册(请务必按系统提示正确填写个人信息,同时记住用户名和密码,以便查询稿件处理进度)→用新注册的用户名和密码登录→点击“作者投稿”进入稿件管理页面→点击“我要投稿”→浏览文件→上传文件(浏览文件后请点击后面的“上传”按钮,只有系统提示“稿件上传成功”方可进行下一步录入操作,文章须以 WORD 格式上传,图表粘贴在文章中)→录入稿件标题、关键词等→最后点击“确定”即可完成投稿。投稿后请速寄审稿费(100 元/篇)以使稿件迅速进入审稿处理。

作者自投稿之日起可不定期登录本刊网站查看稿件处理进度,不必打电话或发邮件查询,具体步骤如下:用注册过的用户名和密码登录→点击“作者查稿”进入稿件管理页面→点击左侧导航栏“我的稿件库”→“稿件状态”显示稿件处理进度→点击“查看”→选择“当前信息”或“全部信息”查看稿件处理过程中的具体信息。稿件退修和催审稿费(版面费)的信息作者亦可在注册时填写的邮箱中看到,作者在邮箱看到相关信息后须进入本系统进行相应处理。

作者如从邮箱和邮局投稿(或网上投稿成功后又从邮箱或邮局再次投稿),本刊须花费大量精力将稿件录入系统中,部分稿件重复多次处理,这给我们的稿件统计及处理工作带来巨大困难。本刊作者需登录本刊网站投稿,如果通过邮箱或邮局投稿,本刊会通知您通过网上投稿。

由于准备时间仓促及经验不足,网站及远程稿件处理系统必然会存在一些缺点和不足之处,希望各位影像同仁不吝赐教,多提宝贵意见,予以指正。

如果您在投稿中遇到什么问题,或者对本系统及网站有好的意见和建议,请及时联系我们。

联系人:石鹤 明桥 联系电话:027-69378385 15926283035