

功能磁共振弥散加权成像与弥散张量成像在肾移植术后的应用探讨

李恩源¹, 杨延皓¹, 陈浩¹, 孙黎¹, 陶俊¹, 韩志坚¹, 谭若芸¹, 张玉东², 居小兵^{1*}, 顾民¹

¹南京医科大学第一附属医院泌尿外科, ²放射科, 江苏 南京 210029

[摘要] 目的:通过比较肾移植术后发生肾功能延迟恢复(delayed graft function, DGF)与未发生DGF患者术后1个月的功能磁共振弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)和弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)所对应参数的差异,并分析这些参数与移植肾功能指标的相关性,进而评价功能磁共振在肾移植术后的应用价值。方法:回顾南京医科大学第一附属医院2015年9月—2017年5月的肾移植病例,共选取23例DGF患者和26例非DGF患者。运用独立样本 t 检验分别比较这两组患者移植肾DWI与DTI对应的参数表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)和部分各向异性(fractional anisotropy, FA)值的差异;运用Pearson相关分析分别将ADC值和FA值与移植肾估计肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR)和血清肌酐值进行相关性分析,分别绘制髓质ADC、FA值诊断移植肾eGFR>60 mL/min的受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线。结果:肾移植术后1个月,DGF组与非DGF组移植肾皮质和髓质FA值均具有统计学差异($P < 0.05$)。术后1个月的移植肾髓质ADC值和FA值均与当时的eGFR呈正相关($P < 0.05$);术后1个月的移植肾皮质ADC值与术后6个月血清肌酐值呈负相关($P < 0.05$)。移植肾髓质FA值诊断移植肾eGFR>60 mL/min的ROC曲线下面积(area under the curve, AUC)为0.799,95%置信区间(confidence interval, CI)为0.671~0.928($P < 0.001$);移植肾髓质ADC诊断移植肾eGFR>60 mL/min的ROC曲线AUC为0.796,95%CI为0.670~0.922($P < 0.001$)。结论:功能磁共振DWI和DTI具有对移植肾的功能学和形态学评估价值。

[关键词] 功能磁共振;弥散加权成像;弥散张量成像;肾功能延迟恢复;肾移植

[中图分类号] R692

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-4368(2018)09-1280-06

doi: 10.7655/NYDXBNS20180921

The application of functional magnetic resonance diffusion weighted imaging and diffusion tensor imaging in kidney transplantation

Li Enyuan¹, Yang Yanhao¹, Chen Hao¹, Sun Li¹, Tao Jun¹, Han Zhijian¹, Tan Ruoyun¹, Zhang Yudong², Ju Xiaobing^{1*}, Gu Min¹

¹Department of Urology, ²Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of NMU, Nanjing 210029, China

[Abstract] **Objective:** To evaluate the application of functional MRI in renal transplantation by comparing the parameters of diffusion weighted imaging(DWI) and diffusion tensor imaging(DTI) between patients who suffered from delayed graft function(DGF) after transplantation and patients who not, and by analyzing the correlation between parameters of functional MRI and renal allograft function. **Methods:** Patients who underwent kidney transplant in our center from September 2015 to May 2017 were retrospectively reviewed, and 23 DGF patients and 26 normal graft function controls were enrolled in the study. Comparisons of apparent diffusion coefficient(ADC)and fractional anisotropy(FA) values of renal allograft were both made between DGF patients and controls one month after transplant; And correlations of ADC and FA values one month after transplant were made between estimated glomerular filtration rate(eGFR)and serum creatinine value of one and six months after transplant respectively. Differences of ADC and FA value between DGF patients and controls were compared by student's t test; Relationships between MRI parameters and eGFR and serum creatinine were analyzed respectively using Pearson correlation test. Receiver operating characteristic (ROC) curve of medullar ADC and FA value were both created for prediction of eGFR>60 mL/min. **Results:** Differences of cortical and medullar FA value were found between DGF group and control group ($P < 0.05$). Positive correlation between medullar FA and eGFR was observed one month after

[基金项目] 江苏省卫生厅面上项目(H201606);吴阶平医学基金(320675013116);南京医科大学校基金(NY200025)

*通信作者(Corresponding author), E-mail: doctorjxb73@njmu.edu.cn

transplantation, as well as medullar ADC and eGFR ($P < 0.05$). A negative correlation was found between cortical ADC of one month after transplantation and serum creatinine level at 6 months' post-transplant period ($P < 0.05$). For prediction of eGFR >60 mL/min, the ROC curve of medullar ADC and FA showed the area under the curve (AUC) of 0.796 and 0.799 respectively, and 95% confidence interval (CI) of 0.670-0.922 and 0.671-0.928 respectively ($P < 0.05$). **Conclusions:** Functional magnetic resonance DWI and DTI can provide functional and morphological assessment of transplanted kidneys.

[**Key words**] functional magnetic resonance imaging; diffusion weighted imaging; diffusion tensor imaging; delayed renal function; kidney transplantation

[Acta Univ Med Nanjing, 2018, 38(09): 1280-1285, 1303]

肾移植被认为是终末期肾病(end stage renal disease, ESRD)肾脏替代治疗的有效方法^[1]。移植肾肾功能评估的临床指标有血清肌酐、内生肌酐清除率,辅助检查有多普勒超声、肾核素显像、增强CT等,但其各自具有局限性。功能磁共振技术近年来致力于肾功能评估,以期提供肾脏的形态学和功能学信息。弥散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)和弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)都是功能磁共振技术,前者通过量化水分子的布朗运动,利用不同组织间水分子的弥散系数不同而成像;而后者重点描述水分子的运动方向。二者都是将所测得的参数通过计算机后处理而制图,从而反映组织微观结构特点及其变化^[2-3]。DWI最初用于缺血性脑病的诊断,随着技术的发展,现主要用于诊断多发性硬化和脑肿瘤^[2];DTI主要用于神经系统微观结构异常的诊断^[4]。表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)是DWI技术的参数之一,用于描述水分子弥散速率;部分各向异性(fractional anisotropy, FA)是DTI的技术参数之一,用于描述水分子的运动方向^[5]。近年来,有关DWI和DTI技术在健康人群、慢性肾病患者和肾移植受者中的研究越来越多。这些研究肯定了该技术在评估肾功能方面的价值。例如,Hueper等^[6]研究表明DWI和DTI可以早期发现移植肾功能异常并分析了其与肾纤维化的关系。

肾功能延迟恢复(delayed graft function, DGF)是肾移植术后的常见并发症,根据供肾类型不同,其发生率差异较大,亲属供肾时发生率为4%~10%,心脏死亡者(donation after cardiac death, DCD)供肾时为5%~50%,主要病因是缺血-再灌注和免疫损伤^[7-8]。目前并没有公认的DGF诊断标准。DGF最常用的定义是肾移植术后1周之内需要透析治疗^[9]。DGF患者的急性排斥、慢性移植肾肾病^[10]、移植肾失功等风险较非DGF患者升高,且具有较高的血肌酐水

平^[8,11]。当临床怀疑DGF时,移植肾穿刺活检被推荐作为确诊DGF的方法^[12]。但由于其是有创性检查,并且存在出血、感染、动静脉瘘、肾单位丢失等风险^[12],因此并未被所有患者接受。移植肾功能的无创性评估主要依靠血清肌酐、胱抑素C和尿量等。多普勒超声可以通过测量移植肾叶间动脉阻力指数而判断移植肾血管的阻力和顺应性而间接评估移植肾功能^[13]。增强CT由于其造影剂的肾毒性而不作为常规推荐方法。

DGF患者由于移植肾组织发生炎症、水肿、坏死、纤维化等病理改变^[14],导致水分子在细胞中的布朗运动受限,程度可由DWI定量描述;同时,肾实质尤其是肾髓质放射状排列的解剖结构遭到破坏,极性发生改变,这种变化可由DTI定量描述^[2]。因此认为,DWI和DTI具有识别DGF的潜力。

本研究探讨肾移植术后1个月,DGF与非DGF患者移植肾皮质、髓质的ADC与FA值的差异,并分析移植肾皮质和髓质ADC、FA值与移植肾功能、近期和远期血清肌酐水平的相关性。

1 对象和方法

1.1 对象

回顾性分析南京医科大学第一附属医院泌尿外科肾移植病区2015年9月—2017年5月所做肾移植患者的病历资料。从上述病历资料中筛选出符合以下条件患者:接受移植肾磁共振和核素肾显像检查时间为肾移植手术后3~5周,且患者血清肌酐和24 h尿量趋于稳定(连续3 d变异 $<10\%$)。根据肾移植后是否发生DGF将这些患者分为DGF组与非DGF组。DGF定义为肾移植术后连续3 d每天血清肌酐下降水平 $<$ 前日的10%且肌酐值高于正常值;或移植术后1周以内需要透析治疗;或符合上述两种情况^[15-16]。DGF患者较非DGF患者接受更缓慢的糖皮质激素减量、加强抗感染、丙种球蛋白等治疗,

必要时进行透析治疗。除1例接受亲属供肾,其余供肾均来自DCD自愿捐献,且每位患者均只接受过1次肾移植手术。移植肾被置于左侧或右侧髂窝,移植肾动脉与髂内动脉或髂外动脉吻合,移植肾静脉与髂内静脉吻合。所有患者均接受标准免疫抑制方案:神经钙调蛋白抑制剂+霉酚酸酯类+糖皮质激素类。收集上述患者术后1个月和6个月时的血清肌酐值、术后1个月时的估计肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR)等指标。所有患者的手术、术后管理、术后随访均由同一团队完成。

1.2 方法

1.2.1 MRI

MRI检查在3.0 T MR扫描仪(Verio Tim, 西门子公司, 德国)上进行。为了获得形态学图像,所有受试者都进行了冠状T1加权扫描(快速低角度拍摄)和T2加权加速(半傅立叶采集单镜头旋转回波)序列。对于功能评价,在20个非共线方向上,以0和600 s/mm²的b值进行了弥散加权的单次超声-平面脂肪饱和序列。使用以下参数:TR, 3 000 ms; TE, 74 ms; 视场, 30 cm², 7个冠层厚度为5 mm, 间隙为2 mm; 并行成像(普通自动校准部分并行采集, GRAPPA, 加速因子3), 移植肾像素为192×192; 获得值为2。在检查过程中,患者下腹部与腹带紧密结合,以限制移植肾的运动。DTI扫描采用自由呼吸模型进行。进行后处理和分析使用一个专用的内部软件[FireVoxel, 美国纽约大学医学院高级影像创新与研究中心(CAI2R)]。在DTI分析之前,通过使用算法来减少运动的影响,从而使运动修正最小

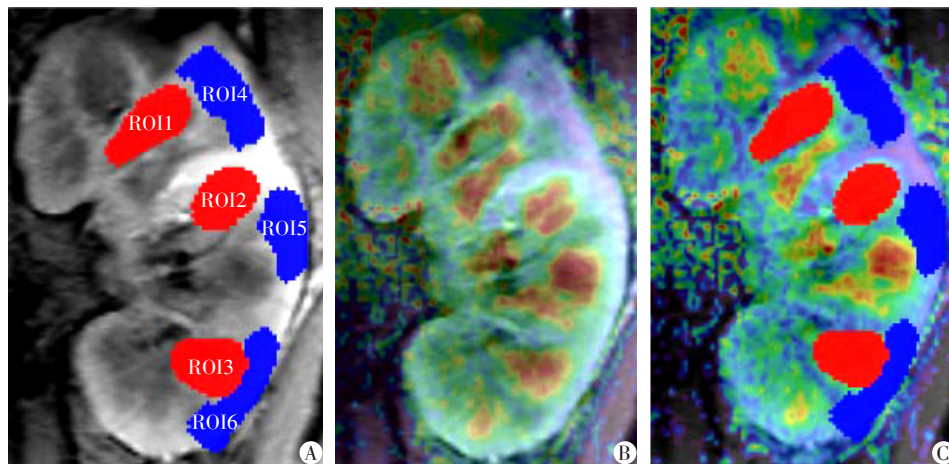
化。DTI分析使用内部FireVoxel软件进行。部分FA值由沿着20个方向的ADC计算。在7个获得的图层中,选择3个中心图层位置来分析每个病例,以覆盖大部分肾脏。感兴趣区域(region of interest, ROI)手动选择移植肾上、中、下3极的皮、髓质区,该部分由1名具有丰富经验的放射科医师完成。移植肾髓质和皮质的平均个体感兴趣区(region of interest, ROI)大小分别为(0.57 ± 0.09) cm³和(0.37 ± 0.03) cm³(图1),均计算平均值,代表肾皮质和髓质的DTI参数。选取ROI时应避免肾脏异常区域,如囊肿、梗塞和血肿。

1.2.2 eGFR

每例患者的eGFR在肾移植术后1个月时通过肾脏动态成像方法测量。DTPA试剂盒(北京世宏药业)在注射前0.5~1.0 h准备。为了确定标记效率>98%,对所有DTPA试剂进行了即时薄层色谱分析。患者躺在床上,在注射试剂前用500 mL注射用水进行水化,然后在静脉注射175 MBq ^{99m}Tc-DTPA之前,对含有^{99m}Tc-DTPA的注射器进行6 s计数。SPECT(Infinia, General Electric 公司, 美国)被用来完成检测。仪器配备一个低能通用平行孔准直器,窗宽20%,峰值能量140 keV,矩阵128×128帧。注射后冲洗与预注射类似。在肾脏轮廓上手工绘制ROI,并将半月形背景放置在较低、较外的肾脏边缘。将患者体重和身高输入计算机后,根据Gate公式计算eGFR。

1.3 统计学方法

使用Excel2013和SPSS 22.0进行统计分析。计量资料用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示。采用独立样本t



A: 由同一位放射科医生手动将ROI(红色和蓝色部分)分别放置在T1-FLASH图像的移植肾上、中、下极的皮、髓质部分;B: 然后DTI图像加载到这张T1图像上;C: ROI自动转移到DTI图像用于定量测量。

图1 测量磁共振参数时ROI的选取方法

Figure 1 Selection of interest regions to measure MRI parameters

检验判断各平均值之间的统计差异。应用 F 检验进行方差齐性检验。Pearson 线性相关分析 ADC、FA 值与 eGFR、血清肌酐值之间的相关性。受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC) 曲线的曲线下面积(area under the curve, AUC) 用于评估移植肾髓质 FA 和 ADC 值对移植肾小球滤过率 $>60 \text{ mL/min}$ 的诊断价值。 $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

研究共纳入 49 例患者, 其中男 37 例, 女 12 例, 平均年龄 39.2 岁 (20~59 岁)。 DGF 组 23 例, 非 DGF 组 26 例, 两组患者的临床资料见表 1。 其中发现移植肾局灶性缺血 6 例, 移植肾囊肿 5 例, 移植肾周积液 3 例, 移植肾输尿管壁增厚 1 例。 未发现严重占位性病变及其他异常。 分别选取 1 例 DGF

和非 DGF 患者的 ADC 和 FA 图像见图 2。

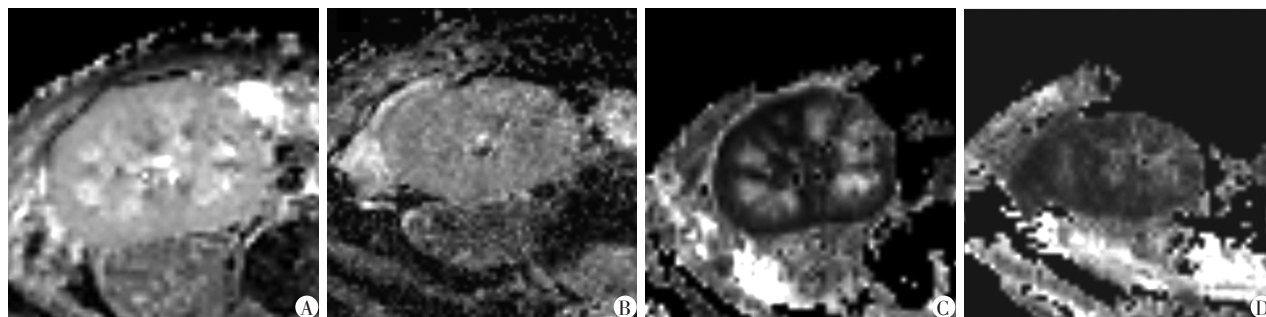
DGF 组与非 DGF 组术后 1 个月的皮质 FA 值有统计学差异 ($P=0.014$, 表 2), DGF 组皮质 FA 值低于非 DGF 组; 两组髓质 FA 值也有统计学差异 ($P=0.035$, 表 2), DGF 组的髓质 FA 值低于非 DGF 组。 两组皮质和髓质的 ADC 值无统计学差异 ($P=0.274$, 0.200 , 表 2)。

使用 Pearson 相关性检验对术后 1 个月的皮、髓质 ADC、FA 值和术后 1、6 个月时的血清肌酐值、术后 1 个月的移植肾 eGFR 值分别进行相关性检验 (表 3)。 术后 1 个月移植肾髓质 FA 值与移植肾 eGFR 值呈正相关 ($r=0.686$, $P < 0.001$); 术后 1 个月移植肾髓质 ADC 值与移植肾 eGFR 值也呈正相关 ($r=0.560$, $P < 0.001$); 术后 1 个月移植肾皮质 ADC 值与术后 6 个月血清肌酐值呈负相关 ($r=-0.283$, $P=0.045$)。

表 1 患者的一般临床资料

Table 1 Clinical characteristics of patients

类别	DGF 组	非 DGF 组
年龄(岁)	43 ± 9	36 ± 7
性别(男/女)	15/8	22/4
移植肾丢失(例)	1	0
动脉吻合方式(例)		
髂内动脉	16	19
髂外动脉	7	7
术后 1 个月		
平均体重(kg)	55 ± 10	66 ± 9
平均血压(mmHg, 收缩压/舒张压)	137 ± 21/79 ± 8	132 ± 15/85 ± 10
平均 24 h 尿量(mL)	2 231 ± 299	2 139 ± 456
平均 24 h 尿肌酐(μmol)	5 055 ± 2 010	7 333 ± 3 267
平均血清肌酐(μmol/L)	131 ± 50	101 ± 19
平均移植肾 eGFR(mL/min)	60 ± 14	66 ± 15
术后 6 个月		
平均血清肌酐(μmol/L)	107 ± 40	114 ± 60



A: 非 DGF 患者移植肾 ADC 图像; B: DGF 患者移植肾 ADC 图像; C: 非 DGF 患者移植肾 FA 图像; D: DGF 患者移植肾 FA 图像。

图 2 术后 1 个月 DGF 与非 DGF 患者的移植肾 MRI 图像

Figure 2 MRI images of transplanted kidney of DGF and non-DGF patients one month after operation

表2 DGF组与非DGF组皮、髓质ADC和FA的平均值和t检验分析结果

Table 2 The mean values and Student's *t* test of ADC and FA values of DGF and non-DGF groups

部位	DGF组		非DGF组		P_{FA} 值	P_{ADC} 值
	FA	ADC	FA	ADC		
皮质	110 ± 14	2 157 ± 208	120 ± 14	2 214 ± 151	0.014	0.274
髓质	343 ± 39	2 021 ± 250	370 ± 48	2 101 ± 179	0.035	0.200

表3 磁共振参数与eGFR、术后1个月和6个月血清肌酐相关性分析的P值

Table 3 Pearson correlation test between each investigated MRI parameters and eGFR, serum creatinine values

因素	FA		ADC	
	皮质	髓质	皮质	髓质
eGFR	0.075	<0.001	0.235	<0.001
术后1个月SCr	0.146	0.114	0.331	0.151
术后6个月SCr	0.727	0.319	0.049	0.200

分别做术后1个月移植肾髓质ADC和FA值诊断移植肾eGFR>60 mL/min的ROC曲线,前者AUC为0.796,95%CI为0.670~0.922($P < 0.001$),后者的AUC为0.799,95%CI为0.671~0.928($P < 0.001$,图3)。

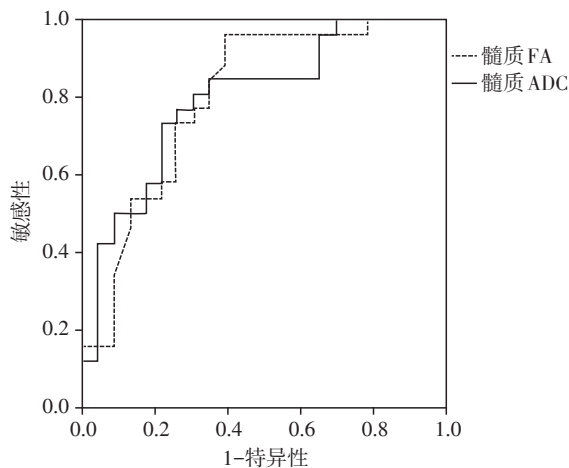


图3 功能磁共振诊断eGFR高于60 mL/min的ROC曲线

Figure 3 The ROC curve of functional MRI for predicting eGFR>60 mL/min

3 讨论

目前已有关于DWI和DTI技术应用于不同人群的研究报道,包括健康成人及儿童志愿者、慢性肾病患者、接受肾移植患者以及鼠类动物模型。大多数研究认为,在健康志愿者和慢性肾脏疾病患者中,髓质FA值高于皮质^[17-22]。Gaudiano等^[18]发现慢性肾脏疾病患者皮质与髓质ADC值的差异。有研究

认为,在健康人^[21]和功能正常的移植肾^[3]中,髓质ADC值低于皮质。然而,Jaimes等^[22]发现儿童的皮质和髓质ADC值没有差异。与此同时,Zheng等^[20]发现,在健康人群中髓质FA值与eGFR呈正相关。Liu等^[19]认为,在慢性肾病患者中,皮质、髓质FA和ADC值与eGFR呈正相关,但Gaudiano等^[18]未发现这种相关性。

在本研究中,独立样本*t*检验结果显示DGF组的皮质和髓质FA值均低于非DGF组;两组ADC值无统计学差异。所有患者的髓质FA值和ADC值分别与eGFR呈正相关。此外,除观察到皮质ADC值与术后6个月的血清肌酐值呈负相关以外,皮、髓质ADC、FA值与术后1、6个月血清肌酐水平无统计学相关性($P > 0.05$)。

ADC值受组织水分子弥散影响,而水分子弥散方式取决于其与周围结构和化学环境之间的相互作用^[23]。Park等^[14]总结了用于解释水分子在病肾中扩散受限的理论。这种理论认为,肾功能障碍的发生伴随着多种病理改变,如炎症、水肿、坏死、纤维化,这种病理改变导致了肾脏实质水含量减少、细胞间质空间减小、水分子弥散减慢^[24],这些变化最终降低了水分子在肾实质中的弥散率,从而使所测得的ADC值降低^[25]。然而在本研究中,DGF组和非DGF组之间没有观察到这种统计学差异。推测原因是由于ADC值的测量在术后1个月左右进行,此时DGF已部分或完全恢复,与非DGF人群相比差异不大。但这又从反面说明ADC值对于判断移植肾的预后有着重要意义。尽管如此,依然发现了术后1个月肾髓质ADC值与eGFR具有正相关性。与本文观点类似,有研究提示,当发生排异时,移植肾皮质和髓质ADC值降低,而降低程度与排异严重程度有关^[3],并且其值随着排异治疗好转而升高^[3,26]。

FA值受水分子在组织间弥散方向和弥散能力的影响,这取决于组织密度、结构排列方向和大小等^[2]。肾实质,尤其是肾髓质中,肾小管、集合管和集合管周围的血管均呈放射状汇聚至肾盂方向,水分子在此方向上的扩散较其他方向更具优势^[20],水

分子扩散也因此具有各向异性^[26]。与肾髓质比较,肾皮质主要以肾小球构成,这种排列方式较集合管更为松散,因而极性较差。实际测量结果与此一致,即髓质FA值明显高于皮质FA值。当DGF发生时,主要病理改变为急性肾小管坏死^[27]。许多肾小管上皮细胞坏死脱落,肾实质密度降低,小管方向改变,因此DGF患者移植肾的FA值降低。有学者在慢性肾病患者中也进行了类似的研究,结果显示,肾功能受损时,肾髓质FA值降低,进一步示踪造影显示出原本正常排列的肾髓质纤维方向的破坏^[15]。Crosso等^[16]也观察到在肾小球病变和小管间质损伤中肾皮质和髓质FA值降低。Palmucci等^[25]使用大鼠模型,发现FA值在肾小球硬化、肾小管间质纤维化和小管扩张中呈下降趋势。

在功能磁共振参数与血肌酐的相关性方面,髓质FA、ADC值与术后1、6个月的血清肌酐水平无相关性呈($P > 0.05$),而皮质ADC值和术后6个月血清肌酐呈负相关($r = -0.283, P = 0.049$),这一点超出了预期。但有研究却观察到了皮质和髓质的FA值与血清肌酐水平和尿素氮的负相关关系^[14]。分析其原因,血清肌酐值受多种因素影响,并不能客观准确地反映肾功能,因此FA值与血清肌酐水平之间的关系表现出不确定性。皮质ADC值与术后6个月血清肌酐水平的负相关性提示皮质ADC值对于评估肾功能预后具有一定意义,但要除外偶然因素导致的这一结果,仍需要大样本研究进一步证实;同时,并未在其他研究中发现类似报道。

本研究的局限性有如下几点。首先,尽管测量核磁共振参数值时采用了统一的抽样标准,但由于软件功能所限,只能人工选择测量的ROI,难以避免存在测量偏倚。其次,DGF是功能性诊断,可能包含多种病理改变,后续研究应将重点放在探寻核磁共振参数与每一种病理改变之间的联系。此外,样本量较小可能掩盖了某些未被发现的结果。

综上所述,肾移植术后发生DGF的患者在术后1个月时,即使临床趋于恢复,与非DGF患者相比仍存在功能磁共振参数差异,即功能影像学改变;术后1个月髓质FA值与髓质ADC值对eGFR>60 mL/min具有中等诊断价值;术后1个月时的皮质ADC值与术后6个月的血清肌酐值呈负相关,但需要排除偶然因素所致。

[参考文献]

[1] Lodhi SA, Meier-Kriesche HU. Kidney allograft survival: the long and short of it [J]. Nephrol Dial Transplant,

2011,26(1):15-17

- [2] Grover VP, Tognarelli JM, Crossey MM, et al. Magnetic resonance imaging: principles and techniques: lessons for clinicians [J]. J Clin Exp Hepatol, 2015, 5(3): 246-255
- [3] Kaul A, Sharma RK, Gupta RK, et al. Assessment of allograft function using diffusion-weighted magnetic resonance imaging in kidney transplant patients [J]. Saudi J Kidney Dis Transpl, 2014, 25(6): 1143-1147
- [4] Poretti A, Meoded A, Rossi A, et al. Diffusion tensor imaging and fiber tractography in brain malformations [J]. Pediatr Radiol, 2013, 43(1): 28-54
- [5] Mori S, Barker PB. Diffusion magnetic resonance imaging: its principle and applications [J]. Anat Rec, 1999, 257(3): 102-109
- [6] Hueper K, Khalifa AA, Brasen JH, et al. Diffusion-weighted imaging and diffusion tensor imaging detect delayed graft function and correlate with allograft fibrosis in patients early after kidney transplantation [J]. Magn Reson Imaging, 2016, 44(1): 112-121
- [7] Yarlagadda SG, Caca SG, Garg AX, et al. Marked variation in the definition and diagnosis of delayed graft function: a systematic review [J]. Nephrol Dial Transplant, 2008, 23(9): 2995-3003
- [8] Siedlecki A, Irish W, Brennan DC. Delayed graft function in the kidney transplant [J]. Am J Transplant, 2011, 11(11): 2279-2296
- [9] Al Otaibi T, Ahmadpoor P, Allawi AA, et al. Delayed graft function in living-donor kidney transplant: A middle eastern perspective [J]. Exp Clin Transplant, 2016, 14(1): 1-11
- [10] Perico N, Cattaneo D, Sayegh MH, et al. Delayed graft function in kidney transplantation [J]. Lancet, 2004, 364(9447): 1814-1827
- [11] Yarlagadda SG, Caca SG, Formica RN Jr, et al. Association between delayed graft function and allograft and patient survival: a systematic review and meta-analysis [J]. Nephrol Dial Transplant, 2009, 24(3): 1039-1047
- [12] Schroppel B, Legendre C. Delayed kidney graft function: from mechanism to translation [J]. Kidney Int, 2014, 86(2): 251-258
- [13] Cano H, Castaneda DA, Patino N, et al. Resistance index measured by doppler ultrasound as a predictor of graft function after kidney transplantation [J]. Transplant Proc, 2014, 46(9): 2972-2974
- [14] Park WD, Griffin MD, Cornell LD, et al. Fibrosis with inflammation at one year predicts transplant functional decline [J]. J Am Soc Nephrol, 2010, 21(11): 1987-1997
- [15] Mallon DH, Summers DM, Bradley JA, et al. Defining de-

(下转第1303页)

- soluble tumor antigens in rheumatic diseases[J]. *Autoimmun Rev*, 2006, 6(1):42-47
- [2] Bellan M, Boggio E, Sola D, et al. Association between rheumatic diseases and cancer: results from a clinical practice cohort study [J]. *Intern Emerg Med*, 2017, 12(5):621-627
- [3] Yamashita H, Ueda Y, Tsuchiya H, et al. Characteristics of 10 patients with paraneoplastic rheumatologic musculoskeletal manifestations [J]. *Mod Rheumatol*, 2014, 24(3):492-498
- [4] Morel J, Deschamps V, Toussirot E, et al. Characteristics and survival of 26 patients with paraneoplastic arthritis [J]. *Ann Rheum Dis*, 2008, 67(2):244-247
- [5] Naschitz JE, Slobodin G, Yeshurun D. A typical polymyalgia rheumatica as a presentation of metastatic cancer [J]. *Arch Intern Med*, 1997, 157(20):2381
- [6] Hutson TE, Hoffman GS. Temporal concurrence of vasculitis and cancer: a report of 12 cases [J]. *Arthritis Care Res*, 2000, 13(6):417-423
- [7] Fain O, Hamidou M, Cacoub P, et al. Vasculitides associated with malignancies: analysis of sixty patients [J]. *Arthritis Rheum*, 2007, 57(8):1473-1480
- [8] Solans-Laqué R, Bosch-Gil JA, Pérez-Bocanegra C, et al. Paraneoplastic vasculitis in patients with solid tumors: report of 15 cases [J]. *J Rheumatol*, 2008, 35(2):294-304
- [9] 施宏莹,赵丽丹,徐东,等.恶性肿瘤模拟血管炎24例临床分析[J]. *中华风湿病学杂志*, 2015, 19(8):534-539,后插2
- [10] Baer AN. Paraneoplastic muscle disease [J]. *Rheum Dis Clin North Am*, 2011, 37(2):185-200, v-vi
- [11] Limaye V, Luke C, Tucker G, et al. The incidence and associations of malignancy in a large cohort of patients with biopsy-determined idiopathic inflammatory myositis [J]. *Rheumatol Int*, 2013, 33(4):965-971
- [12] Amato AA, Barohn RJ. Inclusion body myositis: old and new concepts [J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2009, 80(11):1186-1193
- [13] Goncalves M, Terreri MT, Barbosa CM, et al. Diagnosis of malignancies in children with musculoskeletal complaints. [J]. *Sao Paulo Med J*, 2005, 123(1):21-23
- [14] Zhang W, Feng S, Yan S, et al. Incidence of malignancy in primary Sjogren's syndrome in a Chinese cohort [J]. *Rheumatology(Oxford)*, 2010, 49(3):571-577
- [收稿日期] 2017-05-03

(上接第1285页)

- layed graft function after renal transplantation: simplest is best [J]. *Transplantation*, 2013, 96(10):885-889
- [16] Grosso G, Corona D, Mistretta A, et al. Delayed graft function and long-term outcome in kidney transplantation [J]. *Transplant Proc*, 2012, 44(7):1879-1883
- [17] Wang WJ, Pui MH, Guo Y, et al. 3T magnetic resonance diffusion tensor imaging in chronic kidney disease [J]. *Abdom Imaging*, 2014, 39(4):770-775
- [18] Gaudio C, Clementi V, Busato F, et al. Diffusion tensor imaging and tractography of the kidneys: assessment of chronic parenchymal diseases [J]. *Eur Radiol*, 2013, 23(6):1678-1685
- [19] Liu Z, Xu Y, Zhang J, et al. Chronic kidney disease: pathological and functional assessment with diffusion tensor imaging at 3T MR [J]. *Eur Radiol*, 2015, 25(3):652-660
- [20] Zheng Z, Shi H, Zhang J, et al. Renal water molecular diffusion characteristics in healthy native kidneys: assessment with diffusion tensor MR imaging [J]. *PLoS One*, 2014, 9(12):e113469
- [21] Gurses B, Killckesmez O, Tasdelen N, et al. Diffusion tensor imaging of the kidney at 3 Tesla MRI: normative values and repeatability of measurements in healthy volunteers [J]. *Diagn Interv Radiol*, 2011, 17(4):317-322
- [22] Jaimes C, Darge K, Khrichenko D, et al. Diffusion tensor imaging and tractography of the kidney in children: feasibility and preliminary experience [J]. *Pediatr Radiol*, 2014, 44(1):30-41
- [23] Le Bihan 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):401-407
- [24] Ries M, Jones RS, Basseau F, et al. Diffusion tensor MRI of the human kidney [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2001, 14(1):42-49
- [25] Palmucci S, Cappello G, Attina G, et al. Diffusion weighted imaging and diffusion tensor imaging in the evaluation of transplanted kidneys [J]. *Eur J Radiol Open*, 2015, 16(2):71-80
- [26] Wang YT, Li YC, Yin LL, et al. Functional assessment of transplanted kidneys with magnetic resonance imaging [J]. *World J Radiol*, 2015, 7(10):343-349
- [27] Rojas-Pena A, Reoma JL, Krause E, et al. Extracorporeal support: improves donor renal graft function after cardiac death [J]. *Am J Transplant*, 2010, 10(6):1365-1374
- [收稿日期] 2018-03-30