

论 著

前瞻性人体移植肾急性排斥BOLD与DWI早期诊断价值*

1.解放军第303医院医学影像科

(广西 南宁 530021)

2.解放军第303医院移植科

(广西 南宁 530021)

3.解放军第303医院病理科

(广西 南宁 530021)

黄桂雄¹ 黄海波¹ 李大创¹ 孙旭勇²
管 俊¹ 曹理政¹ 杨建均³

【摘要】目的 探讨BOLD- R_2' 与DWI-ADC值人体肾移植急性排斥早期诊断价值。**方法** 随机选取正常原位肾33例(A组)、正常移植肾34例(B组)、急性排斥移植肾15例(C组)为研究对象,应用3.0T扫描仪BOLD及DWI序列扫描所有志愿者,将图像输入至工作站分析处理。比较三组肾皮质、髓质 R_2' 及与肌肉标准化ADC₀₋₁₀₀、ADC₀₋₈₀₀值差异性, $P<0.05$ 为有统计学差异。以病理为“金标准”,评价髓质 R_2' 及与肌肉标准化皮质ADC₀₋₁₀₀、ADC₀₋₈₀₀值鉴别急性排斥移植肾与移植正常肾、正常原位肾诊断效能。**结果** (1)三组间髓质 R_2' 差异有统计学意义,两两比较发现C组 R_2' 明显低于与A、B组,A与B组间无统计学差异;三组间肾皮质 R_2' 差异无统计学意义。以病理为标准,髓质 $R_2'=22.7\text{Hz}$ 为界值,BOLD- R_2' 区别急性排斥与移植正常肾、原位正常肾ROC曲线下面积为0.981,SE和SP分别为93.3%和100%。(2)三组间肾皮质标准化ADC₀₋₁₀₀、ADC₀₋₈₀₀值有统计学意义,两两比较除A与B组间差异无统计学意义外其余组间有统计学意义。三组间髓质ADC₀₋₁₀₀、ADC₀₋₈₀₀值无统计学意义。以病理为标准,取1.249、1.122为界值,标准化皮质ADC₀₋₁₀₀、ADC₀₋₈₀₀诊断急性排斥移植肾ROC曲线下面积分别为0.947、0.978,SE、SP分别为83.3%、86.7%,91.1%、92.3%。**结论** BOLD与DWI在肾移植急性排斥早期诊断中有重要价值,可为后期治疗提供可靠影像依据。

【关键词】 移植肾;急性排斥;血氧水平依赖成像;扩散加权成像

【中图分类号】 R445.2

【文献标识码】 A

【基金项目】 广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻1298003-8-6)

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2016.02.027

通讯作者: 黄海波

Value of BOLD and DWI Technology in Transplanted Renals with Early Acute Rejection: A Perspective Experience on Human*

HUANG Gui-xiong, HUANG Hai-bo, LI Da-chuang, et al., Department of Imaging, The People's Liberation Army 303 Hospital, Nanning 530021, Guangxi Province, China

[Abstract] **Objective** To perspective investigate the value of BOLD- R_2' and DWI-ADC in monitoring human renals with early acute rejection. **Methods** 33 cases of healthy kidneys in situ (group A), 34 cases of normal renal allograft (group B) and 15 cases of renals with acute rejection (group C) who underwent BOLD and DWI procedure at 3.0T were selected as the research objects. The datas were transfered into the workstation for processing after MRI. The measurements of R_2' and ADC₀₋₁₀₀, ADC₀₋₈₀₀ standardized with muscle on renal cortex, medulla were obtained among the three groups, $P<0.05$ was difference significant. According to the pathological biopsy, the values of BOLD- R_2' and DWI-ADC standardized to differencitae the kidneys with acute rejection were assessed by ROC curve. **Results** There were statistic significance for R_2' on renal medulla among the three groups($P<0.05$), however no statistic significances were found for medullary R_2' between group A and B; While no statistic significances were found for cortical R_2' among the three groups($P>0.05$). With an area under the ROC curve of $R_2'=22.7\text{Hz}$ as diagnose critical points, the sensibility was 93.3%, the specificity was 100%, and the accuracy was 0.981 in the prediction of the kidneys with acute rejection. There were statistic significance for cortical standardized ADC₀₋₁₀₀, ADC₀₋₈₀₀ within groups($P<0.05$), however no statistic significances were found for cortical standardized ADC₀₋₁₀₀, ADC₀₋₈₀₀ between group A and B; while no statistic significances were found for medullary standardized ADC₀₋₁₀₀, ADC₀₋₈₀₀ among three groups($P>0.05$). With an area under the ROC curve of ADC₀₋₁₀₀=1.249, ADC₀₋₈₀₀=1.122 as diagnose critical points, the sensibility was 83.3% and 86.7%, the specificity was 91.1% and 92.3%, and the accuracy was 0.947 and 0.978 in the prediction of the transplanted renals with acute rejection, respectively. **Conclusion** BOLD and DWI is of important value in the early diagnosis of renal acute rejection, which can provide reliable imaging evidence for later treatment.

[Key words] Transplanted Kidneys; Acute Rejection; BOLD; DWI

移植肾急性排斥是指供体肾携带的异体抗原所引起的受体内发生的免疫反应,细胞免疫急性排斥是临床最常见类型,常发生于术后4天至2周,病理组织学以大量单核和淋巴细胞浸润为特征,可通过激素冲击逆转大多数病例;急性排斥既是导致术后肾损害常见并发症,也是慢性排斥和肾功能丧失、影响患者生存的重要因素^[1],因此早期急性排斥评估具有重要现实意义。目前活检组织学是移植肾急性排斥诊断金标准,但穿刺活检为有创性检查,且存在穿刺出血、感染、难于耐受等潜在危险或不足^[2-3]。而临床依靠血肌酐水平监测肾急性排斥难以满足早期、准确的诊断目的,因为血肌酐只在明显组织损伤才升高^[4]。故而长期以来,相关医学研究者一直希望找到一种高敏感和特异的技术,以实现急性排斥的早期诊断。本课题旨在通过BOLD与DWI序列扫描原位肾、移植正常肾和急性排斥移植肾三组志愿者,应用ROC曲线,探讨弛豫率和与肌肉标准化ADC值对移植肾急性排斥的早期诊断价值。现报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取我院2012年1月至2014年12月申请肾脏扫描志愿者82例，其中正常原位肾33例为A组(男19例、女14例)，年龄21~55岁，平均(37.2±4.5)岁；移植正常肾34例为B组(男20例、女14例)，年龄22~57岁，平均(37.0±4.5)岁；急性排斥移植肾15例为C组(男10例、女5例)，年龄25~53岁，平均(35.5±5.6)岁。纳入与排除标准：A组为临床无症状，实验室血肌酐、尿素氮、血清铁蛋白指标正常；B组髂窝肾移植后1月~5年，实验室血肌酐<186.0 μmol/L、变化幅度<20%、尿量正常；C组为髂窝肾移植术后1~4周，临床低热、全身不适及尿量进行性减少，血肌酐>186.0 μmol/L、尿素氮>7.14mmol/L，且穿刺活检病理证实急性排斥。排除已知血色病、慢性肾病及呋塞米、水利尿作用包括禁食禁水4~8h。研究实验获我院伦理委员会批准，志愿者知

情并签署同意书。

1.2 检查技术 应用Philips Achieva 3.0T TX扫描仪及SENSE XL TORSO 16 coils配合呼吸控制并以仰卧脚先进扫描目标肾脏。包括横轴及冠状位呼吸补偿T1W-TFE和呼气末屏气BOLD序列、横轴位呼吸触发T2W-TSE和SE-EPI-DWI(b=0, 100, 800s/mm²，三个正交方向施加扩散敏感梯度场)，详细参数如表1。

1.3 图像分析 将DWI及BOLD数据传至EWSv2.6.3工作站或专用软件，避开肠蠕动及磁敏感性伪影，R₂^{*}测量选择横断或冠状位，将5~10个ROI(10~20mm²)分别放置于T₂WI原始图像(伪影较轻优先)肾皮髓质，取三次测量平均值；选择肾门横断层面ADC图设置3~5个ROI(20~30mm²)获得皮髓质ADC₀₋₁₀₀、ADC₀₋₈₀₀，三次测量平均并与肌肉作标准化为最终结果。

1.4 统计处理 应用SPSS16.0软件，年龄、性别差异采用列联表或方差分析。肾皮髓质R₂^{*}及标准化皮髓质ADC₀₋₁₀₀、

ADC₀₋₈₀₀以($\bar{x} \pm s$)表示，组间比较使用单因素方差(One-way ANOVA)检验，组间差异显著则进一步两两比较，P<0.05为有统计学差异。针对急性排斥移植肾，以活检组织学为金标准，应用ROC曲线评价BOLD及DWI诊断效能。

2 结果

2.1 所有志愿者均完成扫描纳入研究，三组年龄、性别比较无统计学意义(F性别=0.562，x²年龄=1.325，P性别/年龄=0.726/0.734)。

2.2 三组肾皮髓质R₂^{*}详细测值见表2，正常组髓质R₂^{*}明显大于皮质。三组间髓质R₂^{*}有统计学差异(P<0.05)，两两比较显示C与A、C与B有统计学差异(P<0.05)，A与B间无统计学差异(P>0.05)；皮质R₂^{*}组间无统计学意义(P>0.05)。以病理为标准，髓质R₂^{*}=22.68Hz为界值，BOLD-R₂^{*}诊断急性排斥移植肾ROC曲线下面积为0.981，Se和Sp分别为93.3%、

表1 扫描序列参数表

Protocols	TR(ms)	TE(ms)	FA(°)	Sense	BW(hz)	Nex	Rec.voxel(mm)	Scantime	Slice	Gap
T1-TFE cor/axis	10	2.3	15	2	430.3	2	1.0×1.0×5.0	90s	20	10%
T2-TSE axis	3976	120	120	2	270.5	2	1.1×1.1×5.0	192s	20	10%
DWI axis	1762	44	90	2	51.6	4	2.0×2.0×5.0	244s	20	10%
R ₂ [*] cor/axis	200	1.1-56.1	30	1.6	31.3	1	2.0×2.0×5.0	12s-14s	20	10%

注：“FA, BW, Nex, Gap”分别表示翻转角、采集带宽、激励次数及层间隔

表2 三组标准化肾皮髓质ADC₀₋₁₀₀、ADC₀₋₈₀₀及R₂^{*}值(单位: Hz)比较

Groups	n	Renal cortex			Renal medulla		
		R ₂ [*]	ADC ₀₋₈₀₀	ADC ₀₋₁₀₀	R ₂ [*]	ADC ₀₋₈₀₀	ADC ₀₋₁₀₀
A	33	17.6±0.9	1.19±0.06	1.96±0.08	29.0±3.1	1.05±0.05	1.10±0.08
B	34	18.0±1.1	1.18±0.04	1.93±0.11	29.6±2.9	1.05±0.03	1.11±0.05
C	15	17.6±1.1	0.99±0.10	1.18±0.06	18.2±2.8	0.93±0.06	0.96±0.11
F		1.234	61.411	202.062	84.967	1.131	2.462
P		0.297	0.000	0.000	0.000	0.362	0.251
PC-A		0.989	0.000	0.000	0.000	0.179	0.148
PC-B		0.499	0.000	0.000	0.000	0.456	0.217
PA-B		0.518	0.801	0.343	0.403	0.939	0.651

注：n为例数，R₂^{*}为弛豫率

100%，见图1-2，4，5。

2.3 三组标准化ADC₀₋₁₀₀、ADC₀₋₈₀₀值比较 三组间标准化肾皮质、髓质ADC值测量详见表2，标准化肾皮质ADC₀₋₁₀₀、ADC₀₋₈₀₀值组间差异有统计学意义(P<0.05)，两两比较显示C与A、C与B均有统计学差异(P<0.05)，但A与B间无统计学差异(P>0.05)，正常组标准化ADC皮质高于髓质；三组间髓质无统计学差异(P>0.05)，但异常组略小于正常组。以病理为标准，取1.249、1.122为界值时，标准化皮质ADC₀₋₁₀₀、ADC₀₋₈₀₀区别C组与A、B组ROC曲线下面积分别为0.947、0.978，Se、Sp分别为83.3%、86.7%，91.1%、92.3%(图3，6)。

3 讨论

磁共振功能成像如血氧水平依赖(BOLD)和DWI在健康肾和异常肾病应用中具有重要价值^[5]，其中BOLD-fMRI^[6]是利用血液内源性对比剂去氧血红蛋白、无创创

测活体肾内氧含量的一种功能成像，可客观反映肾脏组织代谢、生理状态及功能变化。原理为通过多回波T₂*序列扫描获得弛豫参数R₂*或T₂* (R₂*=1/T₂*)，R₂*受顺磁性去氧血红蛋白影响，数值越高代表去氧血红蛋白水平越高、氧分压越低。BOLD fMRI信号与肾内氧含量关系业已通过氧敏感光纤探针测量得到证实^[7]。DWI^[8]则目前可活体测量组织水分子布朗运动的唯一技术，通过两个以上b值扫描可计算ADC以反映血管外、细胞外微循环和水分子活动状态。

课题以随机原则、前瞻性选择82例志愿者纳入三组，应用BOLD_R₂*肾扫描显示，术后1周至4周急性排斥肾移植15例中，髓质R₂*=(18.2±2.8)hz远低于原位肾(29.0±3.1)hz与移植正常肾(29.6±2.9)hz，而正常组间髓质及三组间皮质R₂*无统计学差异(P>0.05)，说明早期急性排斥异常变化主要发生于肾髓质。该结果与研究报道^[9-10]相一致，

Park等^[9]研究发现移植肾急性排斥组髓质R₂*值明显低于功能正常组，认为与髓质氧含量增加有关；Sadowski等^[10]实验进一步发现急性排斥肾髓质R₂*水平与髓质血流量均降低，提示髓质氧生物利用度增加，分析原因可能为肾实质及微血管炎性损伤或肾小管细胞代谢率下降使氧的利用受损，髓质氧耗减少比血流灌注下降程度更大，从而导致髓质去氧血红蛋白减少。文献资料一方面认为，虽然肾血流量约占心输出量1/4，但肾皮质和髓质血流量供应比例约为90%和10%，而髓质电解质转运耗氧量较大，造成髓质处于低灌高耗氧的环境^[11]。另一方面显示，生理状态肾皮质和髓质氧分压(PaO₂)分别约为50mmHg和10~20mmHg，髓质氧含量轻微变动即会引起去氧血红蛋白浓度很大变化，但皮质PaO₂>50mmHg的状态下，血红蛋白处于解离曲线上段，其氧含量轻微变化不会以髓质相似程度影响去氧血红蛋白浓度^[12]，本实验支持以上观

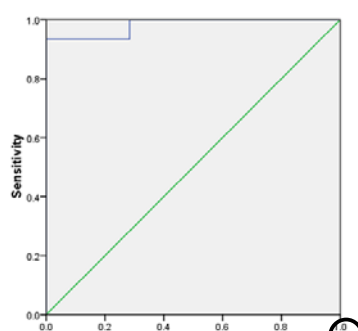
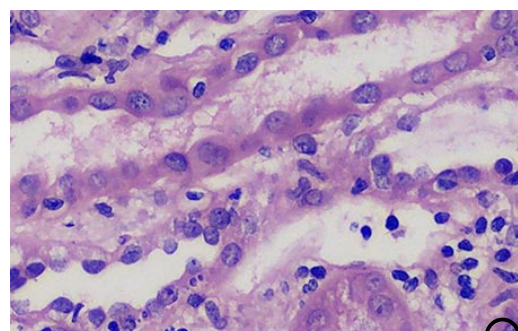
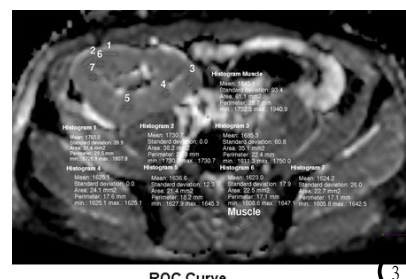
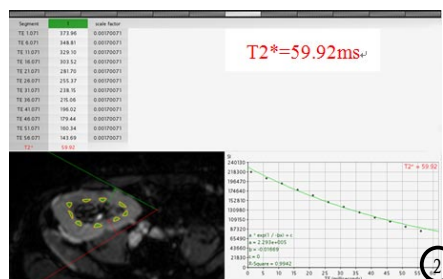
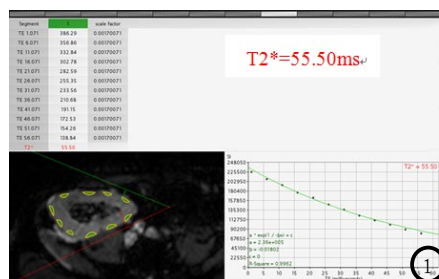


图1-4为急性排斥移植肾志愿者：男，47岁，移植手术后20天出现全身不适、低热、尿量减少及血清肌酐急剧升高至530 μmol/L。图1-2分别为BOLD序列扫描移植肾皮质髓质ROI设置及软件处理，结果显示肾实质弥漫肿胀伴边缘渗出，皮髓质分界(CMD)消失，皮质、髓质平均R₂* (1000/T₂*) 分别为18.1hz和16.7hz，提示髓质R₂*降低、脱氧血红蛋白减少。图3为ADC₀₋₈₀₀图，显示肾皮质扩散受限与髓质类似，皮髓质标准化ADC值分别为0.936和0.883。图4为HE40倍病理，淋巴细胞聚集伴肾小管及小血管侵蚀，符合T细胞介导急性排斥反应(Ib)。图5为肾髓质R₂*值ROC曲线：以22.7hz为急性排斥移植肾诊断阈值，其敏感度和特异度分别为93.3%和100%，准确度98.1%。图6为肾皮质标准化ADC₀₋₈₀₀值ROC曲线：以1.122为急性排斥移植肾诊断阈值，其敏感度和特异度分别为86.7%和92.3%，准确度97.8%。

点。笔者同时发现正常组中髓质弛豫率明显大于皮质,这也与肾脏髓质氧分压、去氧血红蛋白含量不均衡相符合^[13]。以病理为标准,髓质 $R_2^*=22.7\text{Hz}$ 为界值,课题BOLD- R_2^* 诊断急性排斥肾ROC曲线下面积为0.981,敏感度与特异性分别为93.3%和100%,提示BOLD对急性排斥早期诊断具有很高价值。

课题中同时应用DWI序列扫描,与肌肉标准化肾皮质和髓质ADC值处理目的在于更好校正磁场波动带来的影响,结果发现急性排斥组肾皮质标准化ADC值显著小于正常组($P<0.05$),但正常组肾皮质间、三组髓质间均无统计学差异($P>0.05$)。分析原因可能为炎症反应、氧化应激、细胞因子释放使肾灌注下降,皮质细胞缺血肿胀、细胞外间隙减少及含水量下降,而髓质结构相对疏松、炎性反应及含水量增加(血液向髓质分流)等综合作用的结果。这与国内外学者^[14-15]移植肾急性排斥实验报告相类似,同时Sadowski^[10]和Yang^[16]研究提示急性排斥皮质髓质血流灌注均降低且血流重新分布或巨细胞聚集等可支持此观点。实验同时发现,正常肾皮质标准化ADC值高于肾髓质、低b值测量结果大于高b值,这与秦卫和^[17]报道一致,前者可能与皮质灌注和含水量高、扩散各向同性而髓质小管放射状排布、各向异性扩散、含水量较低等有关,后者可能为低b值更多受到微循环灌注影响而高b值可减少这种作用,近年以IVIM-DWI、DTI^[18]等研究为这种看法提供了一定依据。取1.249、1.122为阈值,标准化皮质ADC₀₋₁₀₀、ADC₀₋₈₀₀诊断急性排斥准确率分别为0.947、0.978,敏感度与特异性分别为83.3%、86.7%,91.1%、

92.3%,说明肾皮质ADC值对急性排斥早期诊断具有较高价值。

笔者分析图像或处理原始数据发现,志愿者肾图均满足 R_2^* 及ADC定量检测,正常组T1WI肾皮质髓质分辨清晰,肾脏无肿胀渗出,BOLD原始 T_2^* WI图随TE延长髓质信号降低而与皮质对比增加,DWI及ADC图髓质信号低于皮质;急性排斥皮质髓质分辨不清,随TE延长 T_2^* WI肾皮质髓质对比始终欠佳(图1-2),受肠气影响 T_2^* WI图肾边缘可出现一定程度磁敏感伪影,此时可按优先原则采用轴位数据或移动层面重新采集。ADC图实质肿胀渗出,皮质扩散受限导致皮质髓质信号趋于一致(图3)。与低b值比较,高b值ADC图像更稳定、信噪比适中、肾边界清楚,但皮质髓质对比有所下降。最后,随ROI位置变化及部分容积效应影响可发生定量数据一定程度偏差。

本研究尚存不足:(1)扫描仪采用一种机型完成,结论可能不完全适用其它型号或不同厂商、场强设备;(2)仅纳入术后1周至4周排斥肾且病例数量相对较少,研究结果可能有所偏倚及无法准确反映更大时间跨度的急性排斥肾脏;(3)未能结合缺血、肾小管急性坏死、糖尿病肾损害等弥漫性肾病探讨,不同原因肾病诊断与鉴别价值尚有待进一步实验。

综上所述,BOLD与DWI扫描可基本实现移植肾急性排斥早期诊断,急性排斥异常BOLD与DWI扫描分别位于肾髓质和肾皮质,临床3.0T磁共振应用中,笔者推荐BOLD序列髓质 $R_2^*=22.7\text{Hz}$ 或DWI($b=800\text{s}\cdot\text{mm}^{-2}$)扫描标准化皮质ADC=1.122作为阈值诊断移植肾早期急性排斥,而BOLD扫描具有更高的准确率、敏感度、特异性和扫描时效比。

参考文献

- [1] Womer KL, Kaplan B. Recent Developments in Kidney Transplantation—A Critical Assessment [J]. Am J Transplant, 2009, 9 (6): 1265–1271.
- [2] Schwarz A, Gwinner W, Hiss M, et al. Safety and adequacy of renal transplant protocol biopsies [J]. Am J Transplant, 2005, 5 (8): 1992–1996.
- [3] Masin-Spasovska J, Spasovski G, Dzikova S, et al. Do we have to treat subclinical rejections in early protocol renal allograft biopsies [J]. Transplant Proc, 2007, 39 (8): 2550–2553.
- [4] Zhang JL, Rusinek H, Chandarana H, et al. Functional MRI of the kidneys [J]. J Magn Reson Imaging, 2013, 37 (2): 282–293.
- [5] Ebrahimi B, Textor SC, Lerman LO. Renal relevant radiology: renal functional magnetic resonance imaging [J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2014, 9 (2): 395–405.
- [6] Zhang JL, Morrell GR, Lee VS. Blood oxygen level-dependent MR in renal disease: moving toward clinical utility [J]. Radiology, 2013, 268 (3): 619–621.
- [7] Neugarten J. Renal BOLD-MRI and assessment for renal hypoxia [J]. Kidney Int, 2012, 81 (7): 613–614.
- [8] 赵全泽. 3.0T磁共振弥散加权成像(DWI)及波谱分析(MRS)在前列腺癌的诊断效果分析 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2014, (9): 55–58.
- [9] Park SY, Kim CK, Park BK, et al. Evaluation of transplanted kidneys using blood oxygenation level-dependent MRI at 3.0T: a preliminary study [J]. AJR, 2012, 198 (5): 1108–1114.
- [10] Sadowski EA, Djamali A, Wentland AL, et al. Blood oxygen-level-dependent and perfusion magnetic resonance imaging: detecting differences in oxygen bioavailability and blood flow in transplanted kidneys [J]. Magn Reson Imaging, 2010, 28 (1): 56–64.
- [11] Chou SY, Porush JG, Faubert PF.

- Renal medullary circulation: hormonal control [J]. *Kidney Int*, 1990, 37 (1): 1-13.
- [12] Prasad PV. Functional MRI of the kidney: tools for translational studies of pathophysiology of renal disease [J]. *Am J Physiol Renal Physiol*, 2006, 290 (5): F958-974.
- [13] 徐学勤, 李晓, 林晓珠, 等. 肾脏血氧水平依赖MRI的初步应用 [J]. *诊断学理论与实践*, 2012, 11 (2): 136-140.
- [14] 许晶晶, 肖文波, 张雷, 等. 3.0T磁共振扩散加权成像诊断移植肾急性排斥的应用研究 [J]. *浙江大学学报*, 2010, 39 (2): 163-167.
- [15] Abou-El-Ghar ME, El-Diasty TA, El-Assmy AM, et al. Role of diffusion-weighted MRI in diagnosis of acute renal allograft dysfunction: a prospective preliminary study [J]. *Br J Radiol*, 2012, 85 (1014): 206-211.
- [16] Yang D, Ye Q, Williams DS, et al. Normal and transplanted rat kidneys: Diffusion MR imaging at 7T [J]. *Radiology*, 2004, 231 (3): 702-709.
- [17] 秦卫和, 付飞先, 陈艳姣, 等. 正常成人肾脏磁共振扩散成像研究 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2012, 20 (4): 244-247.
- [18] Blondin D, Lanzman RS, Klasen J, et al. Diffusion-attenuated MRI signal of renal allografts: comparison of two different statistical models [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2011, 196 (6): w701-705.

(本文编辑: 谢婷婷)

【收稿日期】2016-01-11

(上接第 74 页)

有研究报道提出^[12], 早期动脉扫描所获得的图像特点表现为肝动脉强化明显, 而肝静脉、门静脉、肝实质强化较弱; 晚动脉期扫描所得图像特点表现为门静脉强化明显, 并且肝实质也伴有轻微强化, 而肝静脉仍不具有强化现象。理论上是以对比剂经肝动脉进入肝脏, 再从门静脉流入到肝脏这段时间定为肝动脉期。由于患者个体流血速率存在差异, 肝硬化程度等均可对肝动脉期的血流灌注情况造成一定影响。智能追踪技术扫描的应用可避免患者个体化差异对扫描结果的干扰, 使双动脉期扫描更优化, 达到动脉期细分处理。双动脉期扫描使肝脏整体处于动脉期内, 从而增加对血供丰富的小肝癌的显示机率与检出率。

综上所述, DWI在肝硬化诊断分级中具有较好的诊断价值, 可作为肝硬化诊断分级的理想检查手段。而CT增强扫描可提高小肝癌的检出率, 但对患者机体有辐射作用, 因此, 应根据临床目

的, 选择适当的扫描方式。

参考文献

- [1] 邹彪, 孟令平, 吴强等. MR扩散加权成像和CT灌注成像对肝硬化分级诊断的探讨 [J]. *实用放射学杂志*, 2013, 29 (6): 933-936, 946.
- [2] 梁长松, 陈忠, 李伟峰等. 磁共振扩散加权成像在卵巢囊腺瘤与囊腺瘤鉴别诊断中的价值 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2015, (3): 83-86.
- [3] Koelblinger C., Fruehwald-Pallamar J., Kubin K. et al. Atypical idiopathic inflammatory demyelinating lesions (IIDL): Conventional and diffusion-weighted MR imaging (DWI) findings in 42 cases [J]. *European Journal of Radiology*, 2013, 82 (11): 1996-2004.
- [4] 程悦, 沈文, 祁吉等. MR扩散加权成像和CT灌注成像对肝纤维化诊断价值的比较 [J]. *中国医学影像技术*, 2010, 26 (2): 297-300.
- [5] 朱建国, 杨亚芳, 刘斐等. CT灌注成像联合磁共振扩散加权成像诊断急性脑梗死 [J]. *中国医学影像技术*, 2011, 27 (4): 710-713.
- [6] 陈泉桦, 黎军强, 刘彪等. MR扩散加权成像对肝脏占位性病变的鉴别诊断价值及b值优化探讨 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2013, 11 (4): 58-61, 71.
- [7] 史丽静, 郭勇, 林伟等. CT灌注、MR灌注成像与MR扩散加权成像对肝脏恶性病变之间的鉴别诊断价值比较 [J]. *中国临床医学影像杂志*, 2010, 21 (3): 175-178.
- [8] 蒋旭, 李鹏. CT灌注、MR灌注成像与MR扩散加权成像对肝脏恶性病变的诊断价值比较 [J]. *陕西医学杂志*, 2013, 42 (1): 65-67.
- [9] 史丽静, 郭勇, 林伟等. CT灌注、MR灌注和DWI成像综合应用在肝脏疾病的诊断价值 [J]. *现代生物医学进展*, 2012, 12 (32): 6298-6302.
- [10] 乔伟, 庄一平, 张晋等. MR扩散加权成像在CT引导下肺癌穿刺活检中的应用 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2014, (7): 40-42.
- [11] Tirumani S. H., Assiri Y. I., Brimo F. et al. Diffusion-weighted MR imaging of mucin-rich mucinous tubular and spindle cell carcinoma of the kidney: A case report [J]. *Clinical imaging*, 2013, 37 (4): 775-777.
- [12] 牟晓庆, 唐光才. 兔VX2肝癌模型MR扩散加权成像研究现状及其临床意义 [J]. *中国医学创新*, 2011, 08 (23): 192-194.

(本文编辑: 汪兵)

【收稿日期】2016-01-11