

论 著

MRI-DWI不同模型参数
评估CHB肝纤维化分
级的价值观察*河南大学第一附属医院消化内科二病区
(河南 开封 475001)王航宇* 魏书堂 杨文义
武利萍 徐梦阳 闫春晓
谭莉霞 董 勇 杨国威
华 静 杜莹莹

【摘要】目的 探究磁共振弥散加权成像(MRI-DWI)不同模型参数评估慢性乙型肝炎(CHB)肝纤维化分级的价值。**方法** 选择48例CHB患者(病例组)及30例健康志愿者(对照组),研究对象均设置不同b值进行MRI-DWI检查,病例组患者接受组织穿刺活检进行肝纤维化分级,比较研究对象MRI-DWI参数水平、参数水平与病例组肝纤维化分级的相关性,评估不同模型参数[单指数模型参数的表观弥散系数(ADC)、双指数模型参数的真实扩散系数(Dt)和假性扩散系数(Dp)和灌注分数(f)、拉伸指数模型的扩散分布指数(DDC)和扩散异质性指数(α)]评估CHB肝纤维化分级的效能。**结果** 病例组无纤维化患者各MRI-DWI参数与对照组健康志愿者比较差异均无统计学意义($P>0.05$);病例组中肝纤维化患者ADC、Dt、f、DDC水平低于对照组志愿者和病例组无纤维化患者,差异有统计学意义($P<0.05$),Dp、 α 水平与对照组志愿者和病例组无纤维化患者比较差异无统计学意义($P>0.05$);不同肝纤维化分级CHB患者ADC、Dt、f、DDC水平比较差异有统计学意义($P<0.05$),Dp、 α 水平比较差异无统计学意义($P>0.05$);Spearman相关分析结果显示,MRI-DWI多模型参数ADC、Dt、f、DDC水平与CHB患者肝纤维化分级均呈负相关关系($r=-0.535, -0.594, -0.474, -0.651, P<0.05$),Dp、 α 水平与CHB患者肝纤维化分级无相关性($r=-0.238, -0.040, P>0.05$);受试者工作特征曲线(ROC)结果显示,ADC、Dt、f、DDC评估CHB患者 $\geq S2$ 级肝纤维化的AUC对应为0.766、0.824、0.820和0.812,评估敏感性和特异性为74.29%和76.92%、82.86%和76.92%、74.29%和84.62%、82.86%和69.23%;ADC、Dt、f、DDC评估CHB患者 $\geq S3$ 级肝纤维化的AUC对应为0.766、0.760、0.694和0.851,评估敏感性和特异性为94.12%和58.06%、47.06%和100.00%、47.06%和93.55%、76.47%和83.87%。**结论** MRI-DWI模型参数中单模型参数ADC、双指数模型参数Dt和f、拉伸指数模型参数DDC均与CHB患者肝纤维化分级呈负相关关系,上述模型参数可评价CHB患者肝功能分级为临床诊疗提供参考,具有较高应用价值。

【关键词】 MRI-DWI; 多模型参数; CHB; 肝纤维化分级

【中图分类号】 R445.2; R512.6

【文献标识码】 A

【基金项目】 河南省医学科技攻关计划项目(LHGJ20190532)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2021.04.016

Value of Different Model Parameters of MRI-DWI in Evaluating CHB Liver Fibrosis Grading*

WANG Hang-yu*, WEI Shu-tang, YANG Wen-yi, WU Li-ping, XU Meng-yang, YAN Chun-xiao, TAN Li-xia, DONG Yong, YANG Guo-wei, HUA Jing, DU Ying-ying.

Department of Gastroenterology, The First Affiliated Hospital of Henan University, Kaifeng 475001, Henan Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the value of different model parameters of magnetic resonance diffusion weighted imaging (MRI-DWI) in evaluating liver fibrosis grading of chronic hepatitis B (CHB). **Methods** 48 CHB patients (case group) and 30 healthy volunteers (control group) were selected. The study subjects set different b values for MRI-DWI examination. Patients in case group were given tissue biopsy for liver fibrosis grading. The MRI-DWI parameters of study subjects and correlation between parameters levels and the liver fibrosis grading case group were compared, and the efficacy of different model parameters [single exponential model parameter of apparent diffusion coefficient (ADC), double exponential model parameters of true diffusion coefficient (Dt), false diffusion coefficient (Dp) and perfusion fraction (f), tensile exponential model of diffusion distribution index (DDC) and diffusion heterogeneity index (α)] in evaluating CHB liver fibrosis grading was assessed. **Results** There were no significant differences in the MRI-DWI parameters of patients without fibrosis in case group compared with those of healthy volunteers in control group ($P>0.05$). The levels of ADC, Dt, f, and DDC of patients with liver fibrosis in case group were lower than those of volunteers in control group and of patients without fibrosis in case groups ($P<0.05$). There were no significant differences in levels of Dp and α compared with those of volunteers in control group and of patients without fibrosis in case group ($P>0.05$). There were statistically significant differences in the levels of ADC, Dt, f, and DDC among CHB patients with different liver fibrosis grades while there were no statistically significant differences in the levels of Dp and α ($P>0.05$). Spearman correlation analysis results showed that MRI-DWI multi-model parameters ADC, Dt, f, and DDC were negatively correlated with liver fibrosis grading in CHB patients ($r=-0.535, -0.594, -0.474, -0.651, P<0.05$), and Dp and α were not correlated with liver fibrosis grading in CHB patients ($r=-0.238, -0.040, P>0.05$). Receiver operating characteristic curve (ROC) results showed that the AUC values of ADC, Dt, f, and DDC in evaluating CHB patients with liver fibrosis $\geq S2$ grade were 0.766, 0.824, 0.820 and 0.812, and the sensitivities and specificities were 74.29% and 76.92%, 82.86% and 76.92%, 74.29% and 84.62%, and 82.86% and 69.23%. The AUC values of ADC, Dt, f, and DDC in assessing CHB patients with liver fibrosis $\geq S3$ grade were 0.766, 0.760, 0.694 and 0.851, and the sensitivities and specificities were 94.12% and 58.06%, 47.06% and 100.00%, 47.06% and 93.55%, and 76.47% and 83.87%. **Conclusion** Among the MRI-DWI model parameters, the single model parameter ADC, the double exponential model parameters Dt and f, and tensile exponential model parameter DDC are all negatively correlated with liver fibrosis grading of CHB patients. The above model parameters can evaluate the liver function grading of CHB patients and provide reference for clinical diagnosis and treatment, with high application value.

Keywords: MRI-DWI; Multi-model Parameters; CHB; Liver Fibrosis Grading

肝纤维化是肝实质损伤时引起炎症反应进而导致肝细胞肝细胞外胶原、糖蛋白等基质的异常沉积的病理过程,可进展为肝硬化,危及患者生命安全,慢性乙型肝炎(chronic viral hepatitis B, CHB)即是引起肝纤维化的主要原因^[1]。若CHB患者在发生肝纤维化早期阶段能够及时得到有效的治疗,可减缓甚至逆转肝纤维化进程,从而降低肝硬化及多种严重并发症发生风险,因此,准确评估CHB患者肝纤维化程度从而筛查肝纤维化早期患者具有重要临床意义^[2-3]。而作为评价肝纤维化分级“金标准”的检查方法为肝脏穿刺活检,其属于侵入性检查,创伤较大,患者接受度较低,因此临床已转入非侵入性的肝纤维化影像学检查方法研究中^[4]。非侵入性检查方法中,磁共振成像技术弥散加权成像(magnetic resonance imaging-

【第一作者】 王航宇,男,主治医师,主要研究方向:肝纤维化及肝硬化。E-mail: 727248532@qq.com

【通讯作者】 王航宇

diffusion weighted imaging, MRI-DWI)具有无创、检查快速便捷、准确等优势被广泛应用于临床疾病评价^[5-6], 检查时改变弥散梯度的强度与量级, 可获得多幅DWI图像, 经过不同模型公式计算获得相关参数, 不同模型参数MRI-DWI技术的出现使得肝纤维化的非侵入性评估成为现实^[7]。基于此, 本研究对MRI-DWI不同模型参数在评价CHB肝纤维化分级的应用价值进行探讨。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择2018年12月至2019年12月我院收治的48例CHB患者纳入病例组。病例组患者中男34例, 女14例; 年龄28~70岁, 平均年龄(52.63±8.74)岁; 肝纤维化分级结果: S0级(无纤维化)3例、S1级(汇管区纤维化扩大)10例、S2级(汇管区周围纤维化, 纤维间隔形成)18例, S3级(纤维间隔伴小叶结构紊乱)11例和S4级(早期肝硬化)6例。对照组健康志愿者中男20例, 女10例; 年龄26~68岁, 平均年龄(48.92±9.37)岁。两组研究对象性别、年龄的一般资料比较差异无统计学意义($P>0.05$)。同期选择性别比例、年龄与病例组相匹配的30例健康志愿者纳入对照组, 健康志愿者常规体检显示身体健康, 无肝脏病史、肝功能异常。

纳入标准: 符合《慢性乙型肝炎防治指南(2015年版)》^[8]诊断标准, 经实验室检查、影像学检查及肝组织活检确诊; 经肝活检病理学检查行肝纤维化分级^[9]; 无MRI检查禁忌, 肝组织穿刺活检前2周内完成MRI-DWI检查; 对研究知情同意。

排除标准: 合并其他类型肝炎病毒重叠感染; 存在其他干部病症; 合并恶性肿瘤及其他重要脏器器质性病变; 凝血功能异常; 有精神疾病史或存在认知障碍; 妊娠其或哺乳期女性。

1.2 方法

1.2.1 MRI检查 患者检查前均常规禁食、禁饮, 检查前进行屏气训练。由专业影像科医师操作GE公司Signa HDxt 3.0T MRI扫描仪进行检查, 八通道相控阵线圈。患者头先进, 仰卧位, 先行MRI常规扫描, 扫描范围: 隔顶至肝或脾下极, 常规行横断位T₁WI、T₂WI扫描; 常规扫描结束后进行单次激发平面回波成像序列, 行采集机技术、呼吸门口技术, 扫描参数: 重复时间9230ms, 层厚5mm, 层间距1mm, 380mm×360mm

视野, 矩阵128×128; 弥散敏感系数(b)值为0、50、100、150、200、300、500、800s/mm²(0~800s/mm²激励次数为1)和1000、1300、1500、1700(1000~1700s/mm²激励次数为2)和2000s/mm²(激励次数为3)时, 单次屏气时间为16s。保存采集图像上传至工作站。

1.2.2 图像分析及参数计算 采集图像均上传至GE AW 4.3工作站由影像科专业医师处理, 选择感兴趣区, 获取表观弥散系数(ADC)伪彩图, 计算ADC值, 通过多b值双指数模型公式^[10]处理数据获取双指数模型参数的真实扩散系数(true diffusion coefficient, Dt)、假性扩散系数(pseudo diffusion coefficient, Dp)以及灌注分数(fraction of perfusion, f), 通过拉伸指数模型公式^[11]获取拉伸指数模型的扩散分布指数(DDC)和扩散异质性指数(α)。

1.2.3 肝纤维化程度评价 穿刺获取患者肝组织, 肝组织病理切片常规进行HE染色, Masson染色后评估肝纤维化程度。

1.3 观察指标 根据肝活检病理学检查评价的肝功能纤维化分级结果, 比较不同肝纤维化分级CHB患者MRI-DWI模型参数ADC、Dt、Dp、f、DDC、 α 结果差异即与对照组健康志愿者MRI-DWI模型参数结果。

1.4 统计学方法 数据分析采用SPSS 19.0软件, 计量资料以($\bar{x} \pm s$)形式表示, 采用t检验进行组间比较; 计数资料以例(n)及百分数(%)形式表示, 采用 χ^2 检验; 采用Spearman相关性分析法分析MRI-DWI各模型参数与CHB患者肝功能分级的相关性, 以受试者工作特征曲线(ROC)下面积(area under the curve, AUC)评价MRI-DWI多模型参数评估CHB患者肝功能分级的效能, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同研究对象MRI-DWI多模型参数比较 由表1可知, 病例组无纤维化患者MRI-DWI多模型参数与对照组志愿者比较差异均无统计学意义($P>0.05$); 病例组中肝纤维化患者的ADC、Dt、f、DDC水平均低于对照组志愿者和病例组无纤维化患者, 差异有统计学意义($P<0.05$), Dp、 α 水平与对照组健康志愿者和病例组无纤维化患者比较差异无统计学意义($P>0.05$)。

表1 不同研究对象MRI-DWI多模型参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	肝纤维化	例数	ADC($\times 10^{-3}$ mm ² /s)	Dt($\times 10^{-3}$ mm ² /s)	Dp($\times 10^{-3}$ mm ² /s)	F(%)	DDC($\times 10^{-3}$ mm ² /s)	α
对照组		30	0.98±0.10	0.71±0.07	55.94±25.49	40.86±6.70	1.39±0.31	0.57±0.07
病例组	无纤维化	3	0.98±0.01	0.73±0.01	54.47±0.88	40.56±0.70	1.41±0.05	0.58±0.02
	肝纤维化	45	0.91±0.09 ^{*,#}	0.62±0.11 ^{*,#}	48.54±26.36	33.37±8.26 ^{*,#}	1.16±0.29 ^{*,#}	0.57±0.08

注: *表示与对照组比较, 差异具有统计学意义($P<0.05$); #表示与无纤维化病例组患者比较, 差异具有统计学意义($P<0.05$)。

2.2 不同肝纤维化分级CHB患者MRI-DWI多模型参数比较 不同肝纤维化分级CHB患者ADC、Dt、f、DDC水平比较差异有统计学意义($P<0.05$), Dp、 α 水平比较差异无统计学意义($P>0.05$), 其中, S4级患者ADC、DDC水平均低于S0级、S1级、S2级患者, Dt水平低于S0级、S1级、S2级、S3级患者, f水平低于S0级、S1级患者, S3级患者的ADC、Dt、f水平及S2级患者的Dt、f、DDC水平均低于S1级患者, S3级患者DDC水平低于S0级、S1级患者, 差异均有统计学意义($P<0.05$)。

2.3 MRI-DWI多模型参数与肝纤维化分级的相关性 Spearman相关分析结果显示, MRI-DWI多模型参数ADC、Dt、f、DDC水平与CHB患者肝纤维化分级均呈负相关关系($r=-0.535$ 、 -0.594 、 -0.474 、 -0.651 、 $P<0.05$), Dp、 α 水平与CHB患者肝纤维化分级无相关性($r=-0.238$ 、 -0.040 、 $P>0.05$)。

2.4 MRI-DWI多模型参数诊断 \geq S2级、 \geq S3级肝纤维化的效能 ROC曲线显示, ADC、Dt、f、DDC评估CHB患者 \geq S2

级肝纤维化的AUC对应为0.766、0.824、0.820和0.812，评估阈值对应为 $0.94 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 、 $0.68 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 、35.79%、 $1.27 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 时对应评估敏感性和特异性分别为74.29%和76.92%、82.86%和76.92%、74.29%和84.62%、82.86%和69.23%；ADC、Dt、f、DDC评估CHB患者 \geq S3级肝纤维

化的AUC对应为0.766、0.760、0.694和0.851，评估阈值对应为 $0.94 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 、 $0.52 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 、25.85%、 $1.03 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 时对应评估敏感性和特异性分别为94.12%和58.06%、47.06%和100.00%、47.06%和93.55%、76.47%和83.87%。

表2 不同肝纤维化分级CHB患者MRI-DWI多模型参数比较($\bar{x} \pm s$)

肝纤维化分级	例数	ADC($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	Dt($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	Dp($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	F(%)	DDC($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	α
S0	3	0.98 \pm 0.01	0.73 \pm 0.01	54.47 \pm 0.88	40.56 \pm 0.70	1.41 \pm 0.05	0.58 \pm 0.02
S1	10	0.96 \pm 0.08	0.71 \pm 0.10	54.83 \pm 32.26	39.87 \pm 8.20	1.40 \pm 0.31	0.55 \pm 0.07
S2	18	0.92 \pm 0.09	0.63 \pm 0.08 ^b	51.47 \pm 24.56	32.92 \pm 5.75 ^b	1.20 \pm 0.28 ^b	0.57 \pm 0.09
S3	11	0.88 \pm 0.08 ^b	0.61 \pm 0.09 ^b	46.22 \pm 27.68	30.75 \pm 7.14 ^b	1.03 \pm 0.17 ^{ab}	0.55 \pm 0.08
S4	6	0.83 \pm 0.02 ^{abcd}	0.49 \pm 0.08 ^{abcd}	33.49 \pm 12.99	28.72 \pm 13.32 ^{ab}	0.91 \pm 0.05 ^{abc}	0.59 \pm 0.08
F		3.269	7.681	0.790	3.254	5.637	0.447
P		0.020	<0.001	0.538	0.020	0.001	0.774

注：^a表示与S0级患者比较，差异有统计学意义(P<0.05)；^b表示与S1患者比较，差异有统计学意义(P<0.05)；^c表示与S2患者比较，差异有统计学意义(P<0.05)；^d表示与S3患者比较，差异有统计学意义(P<0.05)。

表3 MRI-DWI多模型参数与肝纤维化分级的相关性

指标		ADC($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	Dt($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	Dp($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	F(%)	DDC($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	α
肝纤维化分级	t	-0.535	-0.594	-0.238	-0.474	-0.651	0.040
	P	<0.001	<0.001	0.103	0.001	<0.001	0.785

表4 MRI-DWI多模型参数诊断 \geq S2级、 \geq S3级肝纤维化的效能

肝纤维化分级	模型参数	AUC	SE	95%CI	Youden指数	阈值	敏感性	特异性
\geq S2级	ADC($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	0.766	0.0824	0.621-0.876	0.512	≤ 0.94	74.29	76.92
	Dt($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	0.824	0.0699	0.687-0.919	0.598	≤ 0.68	82.86	76.92
	F(%)	0.820	0.0676	0.682-0.916	0.589	≤ 35.79	74.29	84.62
	DDC($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	0.812	0.0636	0.673-0.910	0.521	≤ 1.27	82.86	69.23
\geq S3级	ADC($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	0.766	0.0703	0.621-0.876	0.522	≤ 0.94	94.12	58.06
	Dt($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	0.760	0.0779	0.615-0.871	0.471	≤ 0.52	47.06	100.00
	F(%)	0.694	0.0849	0.544-0.818	0.406	≤ 25.85	47.06	93.55
	DDC($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	0.851	0.0585	0.719-0.937	0.603	≤ 1.03	76.47	83.87

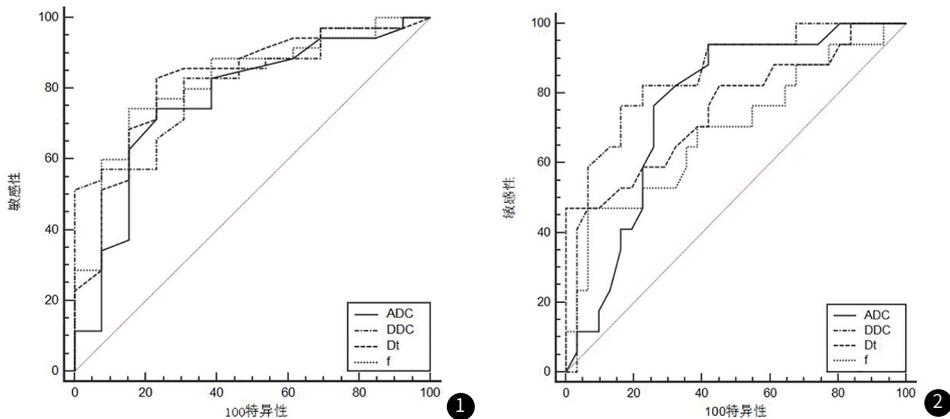


图1 MRI-DWI多模型参数诊断 \geq S2级肝纤维化的ROC曲线。图2 MRI-DWI多模型参数诊断 \geq S3级肝纤维化的ROC曲线。

3 讨论

肝纤维化是CHB向肝硬化、肝癌发展的必经阶段，且随着病理分级的递增，CHB患者进展为肝硬化及多种严重并发症的危险性明显增加^[12]。目前肝纤维化尚无理想治疗药物，但多项研究表明，在肝纤维化早期阶段通过肝保护剂、免疫制

剂、肝星状细胞活化抑制剂等治疗能够缓解甚至逆转肝纤维化进程^[13]，因此，准确评估CHB患者肝纤维化分期具有重要临床意义。目前临床上可通过肝组织活检、血清生化指标检测、影像学检查等方法评价CHB患者肝纤维化程度，其中肝组织活检为肝纤维化诊断和分级的“金标准”，但其创伤较大、重复

性差,患者接受度低,并不适合动态监测肝纤维化程度及长期随访,而血清生化指标检测目前尚缺乏灵敏度与特异性较高的指标^[14],因此,具有无创、快速、可重复检查特点的超声、MRI等影像学检查方法成为近年评价CHB患者肝纤维化的热门手段,其中MRI发展出了DWI的多种模型参数,而相关研究表明,MRI-DWI的多种模型参数均与肝纤维化分级相关,在肝纤维化分级评估中显示了良好的应用前景^[15-16]。

MRI-DWI技术能够反映生物组织中水分子的微观热运动情况从而判断机体组织的生理、病理特征。CHB患者出现肝纤维化后,肝脏内纤维细胞增生,葡糖胺聚糖、胶原纤维等大量聚集在肝脏细胞间质中,在一定程度上阻碍了水分子扩散运动,MRI-DWI检查时多采用单指数模型参数与ADC评价肝纤维化状况^[17]。目前已有研究表明,MRI-DWI的ADC值在评价CHB患者肝纤维化程度方面具有良好应用价值,但ADC值定量评价肝组织扩散特征时准确性会受到微循环灌注的影响^[18]。而目前MRI-DWI检查时改变弥散梯度的强度与量级获取多幅DWI图像后可通过不同指数模型计算获取Dt、Dp、f、DDC、 α 等参数,更真实、准确地反映组织的病理生理变化,更有利于肝纤维化评估^[19]。本研究分析CHB患者与对照组健康志愿者MRI-DWI不同模型参数结果显示,病例组中肝纤维化患者的ADC、Dt、f、DDC水平均低于对照组志愿者和病例组无纤维化患者,不同肝纤维化分级CHB患者ADC、Dt、f、DDC水平也存在明显差异,均接近于对照组志愿者参数水平,表明MRI-DWI不同模型参数中ADC、Dt、f、DDC水平在不同纤维化分级患者中存在异常变化,这与CHB患者出现肝纤维化后肝脏细胞间质中大量聚集胶原纤维限制水分子活动有关;而不同肝纤维化分级的CHB患者Dp、 α 水平无明显差异,Dp与血流量有关,受血流灌注影响稳定性及重复性较差, α 反映体系内水分子弥散的不均质性,其水平未出现异常变化说明肝纤维化患者肝脏与正常肝脏的异质性无明显差异。进行相关性分析发现,MRI-DWI多模型参数ADC、Dt、f、DDC水平与CHB患者肝纤维化分级均呈负相关关系,Dp、 α 水平与CHB患者肝纤维化分级无相关性,进一步对存在相关关系的模型参数ADC、Dt、f、DDC与肝纤维化 \geq S2级、 \geq S3级分别进行ROC曲线分析,结果显示,ADC、Dt、f、DDC在诊断CHB \geq S2级的肝纤维化时具有良好诊断效能,在诊断 \geq S3级肝纤维化分级时ADC与DDC具有较好诊断效能,而Dt、f诊断的敏感性较低较低,研究结果与付芳芳等^[20]的研究显示的多种模型MRI-DWI评估CHB患者肝纤维化分级效能结果存在一定差异,可能与纳入研究的患者个体化差异有关。此外,本研究仍存在纳入样本量较少、不同肝纤维化程度患者分布不均的不足,有待增加样本量开展下一步的深入研究。

综上所述,MRI-DWI不同模型参数中ADC、Dt、f、DDC可用于评价CHB患者肝纤维化分级,具有良好的临床应用价值。

参考文献

- [1] 付甜甜,姚钊,丁红,等.计算机辅助诊断慢性乙肝患者肝纤维化进程的价值分析[J].中华医学杂志,2019,99(7):491-495.
- [2] 陈姝延,孙亚滕,尤红.肝纤维化诊断的新进展[J].中华肝脏病杂志,2017,25(8):563-565.
- [3] 刘渊.磁共振扩散加权成像在慢性乙型病毒性肝炎中的应用进展[J].中国医学影像学杂志,2017,25(8):635-636,640.
- [4] 何平,赵玉茹.超声弹性成像与DWI对乙肝肝纤维化分级的临床价值比较[J].中国CT和MRI杂志,2017,15(9):86-88.
- [5] 路洪剑,战跃福,李群,等.3.0T MRI表观扩散系数诊断中度肝纤维化价值的实验研究[J].中国现代医学杂志,2017,27(19):17-21.
- [6] 沈萍,马盛元,许华宇,等.MR弹性成像对慢性乙型肝炎肝纤维化的诊断价值[J].中华放射学杂志,2019,53(8):680-684.
- [7] Petitclerc L,Sebastiani G,Gilbert G,et al.Liver fibrosis:Review of current imaging and MRI quantification techniques[J].J Magn Reson Imaging,2017,45(5):1276-1295.
- [8] 中华医学会肝病学会,中华医学会感染病学分会.慢性乙型肝炎防治指南(2015年版)[J].中华实验和临床感染病杂志(电子版),2015,9(5):570-589.
- [9] 王家骥,李绍白.肝脏病学[M].第3版.北京:人民卫生出版社,2013:449-452.
- [10] Dijkstra H,Wolff D,van Melle J P,et al.Diminished liver microperfusion in fontan patients:a biexponential DWI study[J].PLoS One,2017,12(3):e0173149.
- [11] 胡根文,全显跃,李欣明,等.MR单指数及拉伸指数模型扩散成像诊断大鼠肝纤维化病理分期的价值[J].中国医学影像学杂志,2018,26(8):575-578.
- [12] 石鸣琪,王培源.功能磁共振成像诊断肝纤维化研究进展[J].中国介入影像与治疗学,2019,16(12):763-766.
- [13] 吕舰,张洪,王丽.肝纤维化分子机制及治疗研究进展[J].中国医院药学杂志,2017,37(18):1873-1876,1881.
- [14] 罗月,薛宏伟,王培军.应重视肝纤维化的影像学研究进展及应用[J].中华医学杂志,2019,99(7):481-483.
- [15] Zhang B,Liang L,Dong Y H,et al.Intravoxel incoherent motion MR imaging for staging of hepatic fibrosis[J].PLoS One,2016,11(1):e0147789.
- [16] 李若坤,严福华.MRI定量技术在肝纤维化诊断分期中的应用[J].中国医学计算机成像杂志,2018,24(2):181-184.
- [17] 石俊英,张斯佳,史景璐,等.乙型肝炎相关性肝纤维化比较分析[J].中国临床医学影像杂志,2017,28(6):447-449.
- [18] Besheer T,Razek A,El Bendary M,et al.Does steatosis affect the performance of diffusion-weighted MRI values for fibrosis evaluation in patients with chronic hepatitis C genotype 4?[J].Turk J Gastroenterol,2017,28(4):283-288.
- [19] 潘晓华,郭顺林,蔺莉莉,等.MRI定量评价肝脏纤维化的研究进展[J].磁共振成像,2018,9(9):699-704.
- [20] 付芳芳,王梅云,史大鹏,等.多种模型MRI扩散加权成像评估慢性乙型病毒性肝炎肝纤维化程度的价值[J].中华放射学杂志,2018,52(2):113-118.

(收稿日期:2020-04-13)