

◆ 中枢神经影像学

Efficacy of diffusion kurtosis imaging in grading gliomas and predicting cell proliferation

WANG Yuliang¹, ZHAO Jing¹, LI Xinbei¹, YAN Xu², JIANG Li¹,
YANG Zhiyun¹, LUO Boning¹, CHU Jianping^{1*}

(1. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University,

Guangzhou 510080, China; 2. MR Collaboration North East Asia,

Siemens Healthcare, Shanghai 100102, China)

[Abstract] **Objective** To quantitatively evaluate the diagnostic efficacy of diffusion kurtosis imaging (DKI) in grading gliomas and to assess the correlation between diffusion parameters and cell proliferation biomarker (Ki-67). **Methods** Thirty-two patients with pathologically proved glioma (18 high-grade glioma [HGG group], 14 low-grade glioma [LGG group]) were included. All patients underwent routine MR, DWI and DKI scan. The values of mean kurtosis (MK), axial kurtosis (Ka), radial kurtosis (Kr), mean diffusivity (MD), fractional anisotropy (FA), apparent diffusion coefficient (ADC) were calculated. The difference of each parameter between LGG and HGG group were compared. The diagnostic efficiency of each parameter were evaluated using ROC analysis, and their correlation with Ki-67 was performed. **Results** All diffusion parameters had significantly differentiate between HGG and LGG group ($P < 0.01$). MK, Ka, Kr, FA were significantly higher, whereas MD and ADC was significantly lower in HGG group than those in LGG group. Area under the ROC (AUC) was highest for MK (0.82, $P < 0.01$). The highest specificity diffusion parameter was MK (90.40%), whereas the highest sensitivity diffusion parameter was ADC (80.20%). MK, Ka, Kr, MD and ADC values were positively correlated with Ki-67 values; the correlation coefficient was highest for MK ($r_s = 0.61$, $P < 0.01$). **Conclusion** DKI parameters have a certain value in differentiating high and low grade gliomas, and their diagnostic efficiency is higher than traditional diffusion parameters. DKI parameter values have potential value in predicting tumor cell proliferation.

[Key words] Glioma; Magnetic resonance imaging; Diffusion kurtosis imaging

DOI:10.13929/j.1003-3289.201608068

扩散峰度成像在胶质瘤分级和 预测细胞增殖中的诊断效能

王玉亮¹, 赵 静¹, 李欣蓓¹, 严 序², 江 利¹,
杨智云¹, 罗柏宁¹, 初建平^{1*}

(1. 中山大学附属第一医院放射科, 广东 广州 510080;

2. 西门子医疗东北亚科研合作部, 上海 100102)

[摘要] **目的** 探讨 MR 扩散峰度成像(DKI)在胶质瘤分级的价值,及其与 Ki-67 标记指数的相关性。**方法** 收集经手术病理证实的脑胶质瘤患者 32 例,根据病理结果分为高级别胶质瘤组(HGG 组, $n=18$)和低级别胶质瘤组(LGG 组, n

[基金项目] 国家自然科学基金青年科学基金项目(81201074)、中央高校基本科研业务费(中山大学青年教师培育计划,13ykpy14)。

[第一作者] 王玉亮(1988—),女,广东湛江人,在读硕士。研究方向:神经影像学。E-mail: wyliang1222_sysu@163.com

[通信作者] 初建平,中山大学附属第一医院放射科,510080。E-mail: truechu@hotmail.com

[收稿日期] 2016-08-16 **[修回日期]** 2016-12-01

=14), 术前行常规 MR、DWI 及 DKI 扫描, 测定肿瘤实质区的平均扩散峰度(MK)、轴向扩散峰度(Ka)、径向扩散峰度(Kr)、平均扩散系数(MD)、部分各向异性(FA)和 ADC 值, 比较高低级别胶质瘤各参数值的差异和诊断效能、肿瘤区各参数与 Ki-67 标记指数的相关性。**结果** 高低级别胶质瘤各参数值差异均有统计学意义(P 均 <0.01)。HGG 组的 MK、Ka、Kr、FA 值高于 LGG 组, 而 MD、ADC 值低于 LGG 组。MK 在鉴别高低级别胶质瘤的 ROC 曲线下面积最大(0.82, $P<0.01$), 特异度最高(90.40%); ADC 值敏感度最高(80.20%)。MK、Ka、Kr、MD 和 ADC 值与 Ki-67 标记指数均有相关性, MK 值与 Ki-67 标记指数相关性最大($r_s=0.61$, $P<0.01$)。**结论** DKI 参数对鉴别高低级别胶质瘤有一定的价值, 其诊断效能总体高于传统扩散参数。DKI 参数值对预测肿瘤细胞增殖有潜在价值。

[关键词] 胶质瘤; 磁共振成像; 扩散峰度成像

[中图分类号] R739.41; R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2017)02-0177-06

脑胶质瘤是成年人最常见的原发性脑肿瘤, 2016 年 WHO 关于脑胶质瘤的分级标准^[1]依旧以组织学分类为基础, 并新增了基因学分型, 根据肿瘤细胞增殖的快慢、细胞核异型性、细胞密度、新生血管、坏死程度等进行分级, 其级别的确定取决于整个肿瘤组织中恶性程度最高的区域。通过影像学手段对胶质瘤恶性程度进行治疗前全面评估对临床治疗方案的选择及预后评估至关重要^[2]。扩散峰度成像(diffusion kurtosis imaging, DKI)是一种新的 MR 成像技术, 是基于 DTI 技术的延伸, 对水分子扩散的不均一性更加敏感^[3]。本研究旨在比较 DKI 参数和 ADC 值在脑胶质瘤分级中的诊断价值并探讨与 Ki-67 标记指数的相关性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2014 年 5 月—2016 年 1 月在我院诊断为脑胶质瘤患者 32 例, 其中男 19 例, 女 13 例, 年龄 25~75 岁, 中位年龄 47.5 岁, 所有患者均于 MR 检查后 3 周内手术切除肿瘤, 经组织病理学证实为脑胶质瘤, 所有患者在 MR 检查之前未经任何治疗。排除标准: ①MR 检查时不能配合, 致图像质量差不能进行图像分析者; ②脑肿瘤最长径 <20 mm; ③胶质瘤复发者。

1.2 仪器与方法 采用 Siemens Magnetom Trio 3.0T MR 扫描仪, 12 通道头线圈。扫描序列包括常规头颅平扫(轴位 T1WI、轴位 T2WI、冠状位液体衰减反转恢复序列)、增强扫描(三维 T1WI)、DKI 和 DWI。DKI 扫描参数: SE-EPI 序列, TR 5 500 ms, TE 83.6 ms, FOV 220 mm $\times$ 220 mm, 矩阵 110 $\times$ 110, 层厚 4 mm, 层间距 0, b 值为 0、1000、2000 s/mm², 30 个不同方向扩散敏感梯度场。DWI 扫描参数: TR 7 000 ms, TE 76.8 ms, 层厚 6 mm, 层间距 1.2 mm, 余参数同 DKI。

1.3 图像分析 对 DKI 和 DWI 原始图采用 DKE 软件(Version 2.5.1)计算相关参数, 采用 SPM8-fMRI 软件将解剖图和参数图进行配准。由 2 名有经验的放射科医师采用盲法分析图像, 意见有分歧时协商后达

成一致, 采用 ImageJ (Version 1.46r) 图像处理软件, 获得各参数的伪彩图, 以增强 T1WI 及 T2WI 图像为参考, 在肿瘤实质区及对侧正常脑白质(normal appearing white matter, NAWM)区分别选取 5~10 个不规则形 ROI, 大小 100~150 mm², 分别测定 DKI 参数平均扩散峰度(mean kurtosis, MK)、轴向峰度(axial kurtosis, Ka)和径向峰度(radial kurtosis, Kr)、平均扩散系数(mean diffusion, MD)、部分各向异性分数(fractional anisotropy, FA)值和 DWI 参数 ADC 值, 并取均值。

1.4 病理分级和免疫组织化学分析 由 1 名有经验的病理科医师对术后胶质瘤标本进行 HE 染色及免疫组化染色。根据 2016 年 WHO 中枢神经系统肿瘤分类标准, 将胶质瘤分为 I~IV 级, I、II 级为低级别胶质瘤(low-grade glioma, LGG; LGG 组), III、IV 级为高级别胶质瘤(high-grade glioma, HGG; HGG 组)^[1]。在 200 倍视野显微镜下, 对 Ki-67 染色最密集的区域计数阳性表达瘤细胞个数, 重复 3 次后取均值, 获得 Ki-67 的标记指数。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 20.0 统计分析软件, 对数据进行正态分布检验, 均不符合正态分布, 以中位数和上、下四分位数表示。HGG 组和 LGG 组 MK、Ka、Kr、FA、MD、ADC 值及 Ki-67 标记指数的比较均采用 Mann-Whitney U 检验。以病理分级为“金标准”, 采用 ROC 曲线分析比较各参数诊断高、低级别胶质瘤的诊断效能及最佳诊断界值。采用 Spearman 秩相关分析各参数值与 Ki-67 标记指数的相关性。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

32 例患者中, HGG 组 18 例(胶质母细胞瘤 WHO IV 级 13 例, 间变型星形细胞瘤 WHO III 级 2 例, 间变型少突胶质细胞瘤 WHO III 级 3 例), LGG 组 14 例(星形细胞瘤 WHO II 级 7 例, 少突胶质细胞瘤 WHO II 级 6 例, 混合性少突-星形细胞瘤 WHO II

级 1 例),低级别和高级别胶质瘤的参数图及免疫组化 Ki-67 标记图见图 1、2。

2.1 DKI 和 DWI 参数 HGG 和 LGG 组各参数差异均有统计学意义(P 均 <0.01),HGG 组的 MK、Ka、Kr、FA 值高于 LGG 组,MD、ADC 值低于 LGG 组,见表 1。胶质瘤实质部分与对侧 NAWM 各参数差异均有统计学意义(P 均 <0.01),胶质瘤的 MK、Ka、Kr 和 FA 值低于对侧 NAWM,而 MD 和 ADC 值高于对侧 NAWM,见表 2。NAWM 的 Kr 值高于 Ka 值($Z=12.08$, $P<0.01$),胶质瘤的 Kr、Ka 间差异无统计学意义($Z=-1.55$, $P=0.12$)。

2.2 各参数诊断效能 Ka、MK、Kr、FA、MD、ADC 值诊断高、低级别胶质瘤的 ROC 曲线下面积(area under curve, AUC)、最佳阈值、敏感度、特异度见表 3、图 3。其中 MK 在鉴别高、低级别胶质瘤的 ROC 曲线下面积最大(0.82, $P<0.01$),特异度最高(90.4%);而 ADC 值敏感度最高(80.2%)。

2.3 相关性分析 HGG 组的 Ki-67 标记指数[30.00(20.00, 53.50)]% 高于 LGG 组[3.00(2.50, 5.00)]%,差异有统计学意义($Z=-4.49$, $P<0.001$)。MK、Ka、Kr 与 Ki-67 标记指数呈正相关性(MK: $r_s=0.61$, $P<0.01$; Ka: $r_s=0.60$, $P<0.01$; Kr: $r_s=0.55$, $P<0.01$),MD、ADC 与 Ki-67 标记指数呈负相关(MD: $r_s=-0.42$, $P=0.03$; ADC: $r_s=-0.364$, $P=0.04$),FA 值与 Ki-67 标记指数间无明显相关性($r_s=0.17$, $P=0.39$),见图 4。

3 讨论

WHO 中枢神经系统肿瘤分类将胶质瘤分为 I~IV 级^[1],对其准确分级有利于临床治疗方案的选择和

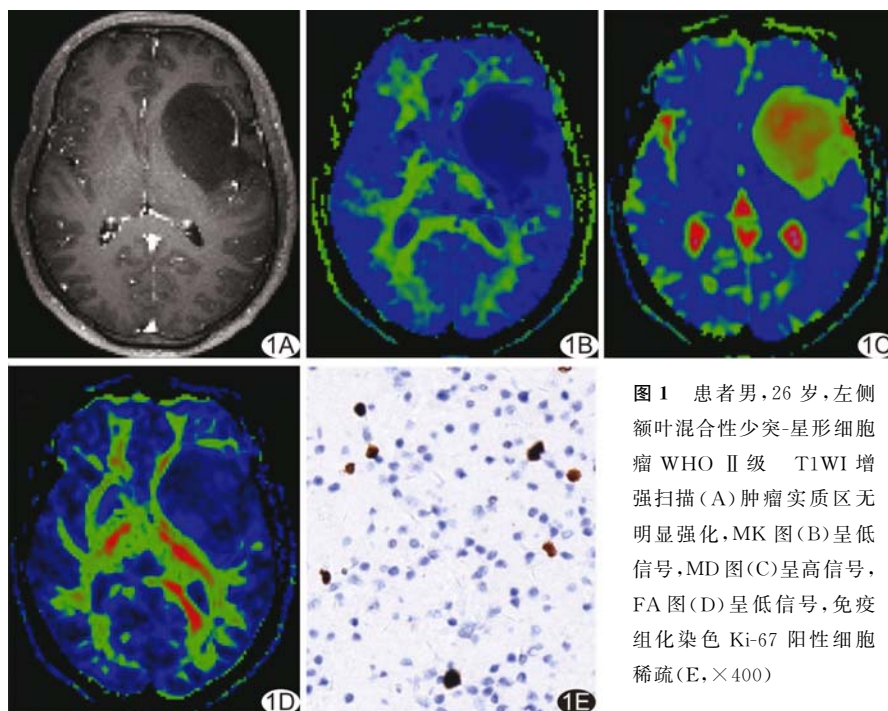


图 1 患者男,26 岁,左侧额叶混合性少突-星形细胞瘤 WHO II 级 T1WI 增强扫描(A)肿瘤实质区无明显强化,MK 图(B)呈低信号,MD 图(C)呈高信号,FA 图(D)呈低信号,免疫组化染色 Ki-67 阳性细胞稀疏(E, $\times 400$)

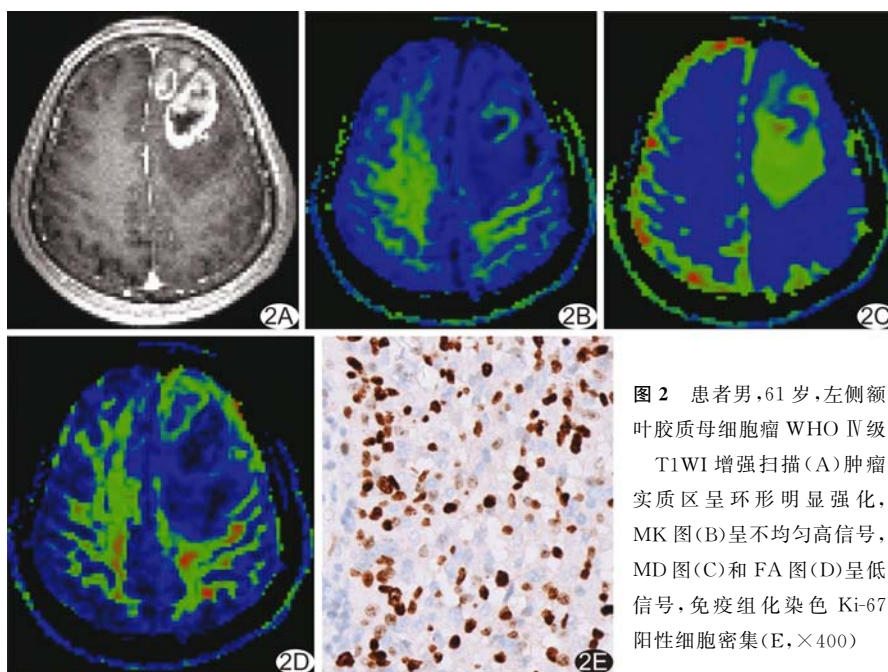


图 2 患者男,61 岁,左侧额叶胶质母细胞瘤 WHO IV 级 T1WI 增强扫描(A)肿瘤实质区呈环形明显强化,MK 图(B)呈不均匀高信号,MD 图(C)和 FA 图(D)呈低信号,免疫组化染色 Ki-67 阳性细胞密集(E, $\times 400$)

预后评估。DKI 是一种非高斯扩散成像技术,可描绘非高斯分布水分子扩散运动偏离高斯分布的程度,可用来量化水分子扩散受限程度和扩散的不均质性,反映生物组织微结构的复杂性。DKI 数据采集至少需要 15 个不同方向的扩散敏感梯度场和 2 个非零 b 值,可同时获得 DKI 和 DTI 的参数,包括 MK、Ka、Kr、MD 和 FA。MK 是所有扩散方向上的平均峰值值,

表 1 各组胶质瘤实质区参数指标比较[中位数(上、下四分位数)]

组别	MK	Ka	Kr	FA	MD($\times 10^{-3}$ mm ² /s)	ADC($\times 10^{-3}$ mm ² /s)
HGG 组(n=18)	0.75(0.59,0.89)	0.70(0.58,0.85)	0.76(0.59,0.90)	0.16(0.11,0.22)	1.20(1.00,1.47)	1.04(0.87,1.31)
LGG 组(n=14)	0.54(0.43,0.64)	0.53(0.36,0.53)	0.55(0.42,0.67)	0.11(0.09,0.15)	1.52(1.32,2.00)	1.34(1.13,1.71)
Z 值	-8.75	-7.95	-7.07	-5.32	7.89	7.42
P 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表 2 胶质瘤实质区与对侧 NAWM 参数指标比较[中位数(上、下四分位数), n=32]

部位	MK	Ka	Kr	FA	MD($\times 10^{-3}$ mm ² /s)	ADC($\times 10^{-3}$ mm ² /s)
胶质瘤	0.65(0.52,0.79)	0.64(0.52,0.77)	0.67(0.52,0.85)	0.14(0.10,0.20)	1.32(1.08,1.64)	1.16(0.98,1.44)
NAWM	1.03(0.90,0.11)	0.84(0.77,0.92)	1.21(1.02,0.43)	0.40(0.32,0.47)	0.90(0.84,0.96)	0.73(0.69,0.78)
Z 值	14.55	10.37	15.23	15.92	-14.12	-15.07
P 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表 3 各参数鉴别高级别与低级别胶质瘤的诊断效能

参数	AUC	P 值	最佳界值	敏感度(%)	特异度(%)	AUC 95%置信区间
MK	0.82	<0.01	0.71	63.8	90.4	(0.77,0.87)
Ka	0.80	<0.01	0.59	76.9	68.0	(0.74,0.85)
Kr	0.76	<0.01	0.69	66.3	80.8	(0.71,0.82)
FA	0.65	<0.01	0.13	60.0	68.0	(0.58,0.71)
MD($\times 10^{-3}$ mm ² /s)	0.77	<0.01	1.30	77.6	66.9	(0.72,0.82)
ADC($\times 10^{-3}$ mm ² /s)	0.75	<0.01	1.09	80.2	57.2	(0.69,0.80)

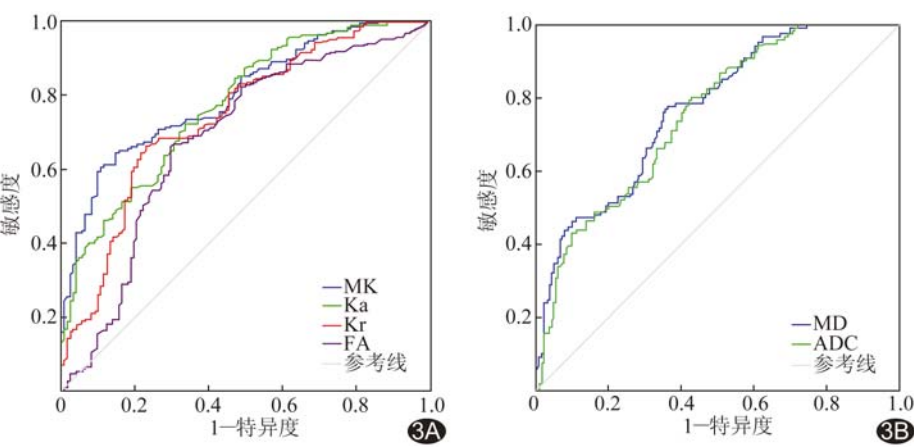


图 3 MK、Ka、Kr、FA 值(A)和 MD、ADC 值(B)诊断高、低级别胶质瘤的 ROC 曲线

Ka 是平行于最大本征矢量值方向的峰度值, Kr 是垂直于最大本征矢量值方向的峰度值。生物组织微结构越复杂, DKI 参数值越大^[3]。近几年, DKI 已被初步应用于神经系统疾病的研究, 如脑梗死^[4]、脑胶质瘤^[5-6]、脑外伤^[7]、神经系统退行性疾病^[8]、脱髓鞘疾病^[9]等。多项研究^[6,10-11]表明, DKI 比传统的 DWI 和 DTI 更能反映组织微结构的改变。

本研究对比 DKI 和 DWI 各参数在高、低级别胶质瘤之间差异和诊断效能, 发现 HGG 组的 MK、Ka

和 Kr 值明显高于 LGG 组(P 均 <0.01), 提示 HGG 组织微结构复杂程度更高。HGG 增殖活跃, 细胞密度高, 细胞核异型性明显, 核浆比大, 细胞间隙狭窄, 且新生肿瘤血管丰富, 坏死、囊变、出血常见, 这些微结构改变导致水分子扩散运动受限更明显, 偏离高斯分布的程度更高^[12-13]。本研究还发现胶质瘤的 MK、Ka 和 Kr 值小于 NAWM(P 均 <0.01), 可能是由于 NAWM 的组织结构更加复杂, 髓鞘、神经元轴突、细胞器和细胞内外间质等阻碍使水分子扩散运动更偏离高斯分布。胶质瘤的 Ka、Kr 值差异无统计学意义(Z=-1.55, P=0.12), 而 NAWM 的 Kr 值高于 Ka 值(Z=12.08, P<0.01), 提示肿瘤内部结构杂乱, 水分子扩散运动倾向于圆形球体, 无明显的方向性, 而 NAWM 由于髓鞘和轴突的存在使水分子扩散运动在轴向的受限程度明显高于径向。与 Van Cauter 等^[11]的研究结果基本一致。FA 在胶质瘤分级的应用价值存在一定争议, 本研究发现 HGG 组的 FA 值

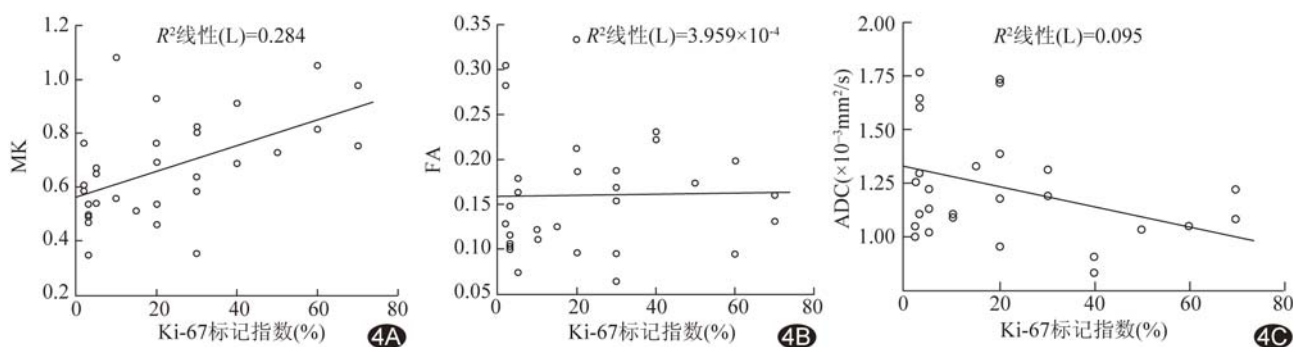


图 4 MK(A)、FA(B)、ADC 值(C)与 Ki-67 标记指数的相关性

高于 LGG 组,与 Van Cauter 等^[11]研究结果一致,而有些研究^[7,10]发现 FA 在高、低级别胶质瘤中差异无统计学意义,提示 FA 用于胶质瘤分级的价值有限。

本研究中,HGG 组的 MD 值和 ADC 值均低于 LGG 组(P 均 < 0.01)。DKI 参数(MK、Ka)在鉴别高、低级别胶质瘤的 AUC 比传统扩散参数(FA、MD 和 ADC)大;而 DKI 参数特异度均高于传统扩散参数,MK 值的 AUC(0.82, $P < 0.01$)最大及特异度最高(90.4%, $P < 0.01$),提示 MK 是理想的诊断高、低级别胶质影像学指标,而 FA 值的 AUC(0.65, $P < 0.01$)最小,诊断效能最低,与 Raab 等^[10-11]的研究结果一致。分析原因为脑组织的结构复杂,受细胞间隙,细胞膜、细胞器等阻碍,水分子运动受限,导致其扩散偏离了高斯分布,因此用 DWI 和 DTI 描述水分子的扩散行为不够准确。而 DKI 反映水分子偏离高斯分布的程度,更接近反映生物组织水分子扩散运动的真实情况,也更能反映组织微环境的复杂性和不均质性^[14]。

另外,本研究探讨各参数与肿瘤细胞增殖的相关性,发现除 FA 值,其他参数与 Ki-67 标记指数均有相关性,DKI 的参数与 Ki-67 标记指数的相关性高于传统扩散参数,与 Jiang 等^[15-16]的研究结果一致。Ki-67 抗原是一种细胞增殖核抗原,其标记指数能反映肿瘤细胞增殖活跃程度,与肿瘤的分化程度、浸润、转移密切相关,是临床与病理评价脑胶质瘤生物学行为及预测预后的重要参考指标^[2]。Ki-67 标记指数越高往往提示肿瘤恶性程度越高,肿瘤细胞增殖及有丝分裂越活跃,细胞密度越高,同时新生肿瘤血管越丰富,肿瘤增长迅速往往更容易导致肿瘤内部的囊变、坏死、出血等,继而增加胶质瘤的不均质性和微结构的复杂性,因此 DKI 可能对预测胶质瘤细胞增殖具有潜在的价值^[3,10-11]。

本研究勾画 ROI 时以常规 T2WI 和增强扫描 T1WI 图作为参考,并且结合 ImageJ 软件中的自动阈值选择工具和魔法工具,降低了因 DWI 和 DKI 参数图分辨率低导致的 ROI 选取误差,同时在肿瘤实质区选取 5~10 个 ROI,提高了 ROI 选取的准确性和统计数据的可靠性。本研究的不足在于样本量较少,可能存在抽样误差,需要扩大样本量进一步进行相关研究。

总之,DKI 对诊断高、低级别胶质瘤有较高的诊断效能,并可预测胶质瘤细胞增殖活跃程度。对比传统扩散成像技术 DTI 和 DWI,DKI 可更准确地反映随着胶质瘤级别的增高其微环境复杂程度的改变和细胞增殖指数的增高,对胶质瘤的诊断价值更高。

【参考文献】

- [1] Louis DN, Perry A, Reifenberger G, et al. The 2016 World Health Organization Classification of Tumors of the central nervous system: A summary. *Acta Neuropathologica*, 2016, 131(6): 803-820.
- [2] 中国中枢神经系统胶质瘤诊断和治疗指南编写组. 中国中枢神经系统胶质瘤诊断和治疗指南(2015). *中华医学杂志*, 2015, 96(7): 485-509.
- [3] Steven AJ, Zhuo J, Melhem ER. Diffusion kurtosis imaging: An emerging technique for evaluating the microstructural environment of the brain. *AJR Am J Roentgenol*, 2014, 202(1): W26-W33.
- [4] 张顺,姚义好,张水霞,等. 脑梗死不同时期的 MR 扩散峰度成像表现. *中华放射学杂志*, 2014, 48(6): 443-447.
- [5] Bai Y, Lin Y, Tian J, et al. Grading of gliomas by using monoexponential, biexponential, and stretched exponential diffusion-weighted MR imaging and diffusion kurtosis MR imaging. *Radiology*, 2016, 278(2): 496-504.
- [6] Tietze A, Hansen MB, Østergaard L, et al. Mean diffusional kurtosis in patients with glioma: Initial results with a fast imaging method in a clinical setting. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2015, 36(8): 1472-1478.

- [7] Grossman EJ, Ge Y, Jensen JH, et al. Thalamus and cognitive impairment in mild traumatic brain injury: A diffusional kurtosis imaging study. *J Neurotrauma*, 2012, 29(13):2318-2327.
- [8] 胡瑞, 谭凡, 陈学强, 等. 扩散峰度成像评价阿尔茨海默病患者脑白质微观结构的改变. *中国医学影像技术*, 2016, 32(1):35-39.
- [9] Yoshida M, Hori M, Yokoyama K, et al. Diffusional kurtosis imaging of normal-appearing white matter in multiple sclerosis: Preliminary clinical experience. *Jpn J Radiol*, 2013, 31(1):50-55.
- [10] Raab P, Hattingen E, Franz K, et al. Cerebral gliomas: Diffusional kurtosis imaging analysis of microstructural differences. *Radiology*, 2010, 254(3):876-881.
- [11] Van Cauter S, Veraart J, Sijbers J, et al. Gliomas: Diffusion kurtosis MR imaging in grading. *Radiology*, 2012, 263(2):492-501.
- [12] Kleihues P, Soylemezoglu F, Schäuble B, et al. Histopathology, classification, and grading of gliomas. *Glia*, 1995, 15(3):211-221.
- [13] Cha S. Update on brain tumor imaging: From anatomy to physiology. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2006, 27(3):475-487.
- [14] Hui ES, Cheung MM, Qi L, et al. Towards better MR characterization of neural tissues using directional diffusion kurtosis analysis. *Neuroimage*, 2008, 42(1):122-134.
- [15] Jiang R, Jiang J, Zhao L, et al. Diffusion kurtosis imaging can efficiently assess the glioma grade and cellular proliferation. *Oncotarget*, 2015, 6(39):42380-42393.
- [16] 李道伟, 王晓明. 扩散峰度成像在脊髓损伤性病变中的研究进展. *中国医学影像技术*, 2015, 31(9):1422-1425.

《磁共振成像临床应用入门(第2版)》已出版

《磁共振成像临床应用入门(第2版)》由王振常教授、孙波教授、徐建民教授担任名誉主编, 靳二虎教授、蒋涛教授、张辉教授担任主编, 范占明教授、刘佩芳教授、程晓光教授担任副主编, 集全国 21 位磁共振成像临床应用专家的智慧, 在《磁共振成像临床应用入门(第1版)》的基础上耗时 1 年修订而成。人民卫生出版社已于 2015 年 2 月出版。

本书第 2 版沿袭了第 1 版的整体布局和写作风格, 共十五章, 书中删减了一些陈旧或不常用的表述, 使内容更加精练, 更新的图片更具代表性。其中, 第一章新增了不同部位 CE-MRA 检查时计算扫描延迟时间和注射钆对比剂的细节; 第三章详细新增了肝细胞特异性对比剂的应用价值; 第四章新增了脑小血管病 MRI 表现; 第五章对主动脉疾病相关内容加以丰富, 新增了特殊类型主动脉夹层、主动脉壁间血肿、穿透性动脉粥样硬化性溃疡、马方综合征和肺栓塞 MRI 表现; 第七章新增了肝脓肿、肝包虫病的 MRI 表现; 第八章新增了自身免疫性胰腺炎 MRI 表现; 第九章新增了肾细胞癌及肾血管平滑肌脂肪瘤各亚型 MRI 表现; 第十一章新增了剖宫产瘢痕妊娠 MRI 表现; 第十三章新增了脊髓空洞与脊髓中央管扩张积水症的 MRI 表现; 书末的三个附录也有更新和充实。

本书主要供放射科住院医师、进修医师、研究生、医学影像专业大学生和磁共振室技术员使用, 对涉足 MRI 日常应用的临床医师、科研人员、大专院校讲师和其他人员也有所裨益。本书共 117 万字, 书中插图包括线条图及示意图 155 幅, 影像图片 1647 幅。全书 582 页, 16 开本, 软精装, 定价 99 元。各地新华书店和医学专业书店有售。购书电话 010-59787592、010-59787584、010-65264830。

