

# 高分辨 MRI 在 I 型局灶性皮质发育不良 患儿术前评估中的应用

李 林, 唐付梅, 马常友, 赵建设

**摘 要:** **目的** 探讨高分辨 MRI 成像在儿童 I 型局灶性皮质发育不良(FCD)术前评估中的价值。**方法** 回顾性分析 52 例经病理学证实的 FCD I 型患儿的 MRI 及相关临床资料,比较高分辨成像与 MRI 常规序列对 I 型 FCD 各主要 MRI 征象(局灶性灰白质分界模糊、局灶性皮质结构异常、白质异常信号灶及局限性脑叶萎缩/发育不全)的检出率,以及对病灶范围、边界及完整性评估中的对比。**结果** 高分辨成像对局灶性灰白质分界模糊、局灶性皮质结构异常及白质异常信号灶的检出率高于常规序列( $P < 0.05$ ),对局限性脑叶萎缩/发育不全检出率差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。3D-T<sub>1</sub>WI 对病灶范围及边界的显示要优于常规 T<sub>1</sub>WI 序列,3D-T<sub>2</sub>FLAIR 较常规 T<sub>2</sub>FLAIR 序列更能够较完整显示病灶。**结论** MRI 高分辨成像可提高 I 型 FCD 各种主要征象的检出率,能够更完整显示病灶及准确评估病灶范围、边界,为术前首选 MRI 成像序列。

**关键词:** 核磁共振成像; 高分辨; 儿童; 局灶性皮质发育不良; I 型; 术前评估

中图分类号:R742;R445.2

文献标识码:A

**Application of high-resolution MRI in preoperative evaluation of children with focal cortical dysplasia type I** Lin, TANG Fumei, MA Changyou, ZHAO Jianshe. (The Center of Medical Imaging, Qilu Children's Hospital of Shandong University, Jinan 250022, China)

**Abstract:** **Objective** To explore the value of high-resolution MRI in the preoperative evaluation of children with type I focal cortical dysplasia (FCD). **Methods** The MRI and related clinical data of 52 children with FCD I confirmed by pathology were retrospectively analyzed, Compare the detection rates of major MRI signs of type I FCD (focal demarcation of gray and white matter, focal cortical structure abnormalities, abnormal white matter signal lesions, and local atrophy / hypoplasia) of high-resolution imaging and conventional MRI sequences, and comparisons in the assessment of lesion extent, borders, and completeness were performed. **Results** The detection rate of high-resolution imaging for blurring of gray-white matter boundaries, focal cortical structural abnormalities, and abnormal white matter abnormalities was higher than that of conventional sequences ( $P < 0.05$ ), there was no significant difference in the detection rate of local atrophy/dysplasia ( $P > 0.05$ ). 3D-T<sub>1</sub>WI showed the range and boundary of the lesion better than the conventional T<sub>1</sub>WI sequence, 3D-T<sub>2</sub>FLAIR was more complete than the conventional T<sub>2</sub>FLAIR sequence. **Conclusion** The high-resolution MRI could improve the detection rate of various major signs of type I FCD, could more fully display the lesion and accurately assess the scope and boundary of the lesion, and was the preferred MRI imaging sequence before surgery.

**Key words:** Magnetic resonance imaging; High-resolution; Child; Focal cortical dysplasia; Type I; Pre-operative assessment

局灶性皮质发育不良(focal cortical dysplasia, FCD)属于脑皮质发育畸形(Malformations of Cortical Development, MCD)的一个类型,为儿童顽固性癫痫的常见病因之一,相关报道<sup>[1]</sup>其引发儿童顽固性癫痫的比例超过 30% 以上,近年来手术切除病灶成为了控制癫痫发作的唯一有效手段<sup>[2]</sup>。根据国际抗癫痫联盟协会(International League Against Epilepsy, ILAE)的病理学分类标准,FCD I 型属于单纯型

FCD,又可分为 Ia、Ib、Ic 3 个亚型<sup>[3]</sup>,MRI 是术前定位及评估 FCD 器质性病变的最有效检查手段,但是 I 型 FCD 的 MRI 征象较局限、单一,且病灶较

收稿日期:2020-07-30;修订日期:2020-11-01

基金项目:济南市卫生和计划生育委员会科技计划项目(编号:2018-1-31)

作者单位:(山东大学齐鲁儿童医院医学影像中心,山东 济南 250022)

通讯作者:赵建设, E-mail:564457261@qq.com

为隐匿,诊断率比较低。本研究旨在对比高分辨 MRI 成像与常规序列在 I 型 FCD 各种征象检出率中的差异,以及二者对病灶范围、边界及完整性显示的差异,从而找到最优检查序列,帮助临床在术前准确定位及评估病灶。既往相关报道较为少见,本项目的实施,对指导临床准确制定术前方案及提高手术疗效都具有非常重要意义。

## 1 材料与方法

1.1 资料来源 收集 2014 年 5 月-2018 年 12 月于山东大学齐鲁儿童医院-医疗集团治疗并经病理学证实的 52 例 FCD I 型患儿,男 37 例,女 15 例,年龄 2 个月~12.5 岁,中位年龄 5.7 岁,术前行 3D 高分辨成像及 MRI 常规序列检查。入组标准:(1)按照 2011 年国际抗癫痫联盟协会(ILAE)的关于 FCD I 型的病理学标准进行诊断<sup>[2]</sup>;(2)所有病例 3D 高分辨 MRI 成像均为阳性;(3)患儿无其它共患疾病及脑内器质性病变;(4)图像质量能够满足临床定位及评估病灶的需求。本课题通过了山东大学齐鲁儿童医院伦理委员会的批准,患儿监护人知情同意并且签署知情同意书。

1.2 设备及参数 所有病例均在 Ingenia (Philips) 3.0T 超导型核磁共振上完成,头颅线圈,对于年龄较小且不能较好配合的患儿,检查前给予 7% 的水合氯醛(0.3~0.6 mL/kg)口服或直肠给药,帮助其进入深睡眠状态。3D 高分辨序列参数:3D-T<sub>1</sub>W,TR 7.1 ms,TE 2.5 ms,TI 280 ms,翻转角 10°,FOV 265 mm×265 mm,矩阵 290×290,层厚 1 mm;3D-T<sub>2</sub>FLAIR 序列,TR 85.2 ms,TE 57.5 ms,TI 280 ms,翻转角 10°,FOV 265 mm×265 mm,矩阵 290×290,层厚 1 mm。常规序列:T<sub>1</sub>W,TE 17.2 ms,TR 755.0 ms,FOV 265 mm×265 mm,矩阵 290×290,层厚 5 mm,间隔 1 mm。T<sub>2</sub>W,TE 100 ms,TR 无限小,FOV 265 mm×265 mm,矩阵 290×290,层厚 5 mm,间隔 1 mm;T<sub>2</sub>FLAIR 序列,TE 110 ms,TR 12000 ms,FOV 265 mm×265 mm,矩阵 290×290,层厚 5 mm,间隔 1 mm。相应序列三维重建后参数不变。

1.3 图像分析 由医学影像科 3 名具有 5 y 以上工作经验的副主任医师以盲法对图像进行观察,有分歧者经协商达成一致,否则予以剔除。所观

察的主要阳性 MRI 征象为:①局灶性灰白质分界模糊;②局灶性皮质结构异常(增厚或变薄);③白质内信号异常(T<sub>1</sub>WI 信号减低,T<sub>2</sub>WI/FLAIR 呈高信号)。④节段性或脑叶萎缩/发育不全与局部白质体积缩小。计算 MRI 各种序列对上述主要征象的检出率情况,对比高分辨序列与常规序列在显示病灶范围、边界及完整性中的差异。

1.4 统计学分析 所有数据在 SPSS 20.0 上完成。计数资料以频数和百分率来表示,采用单因素分析(pearson  $\chi^2$  检验)比较 3D 高分辨序列与常规序列对各种 MRI 征象的检出率,以及高分辨序列与常规序列在显示病灶范围、边界及完整性中的差异,全部结果均以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 本组 52 例 FCD I 型患儿 MRI 表现均为阳性 具体病理结果如下:I a 型 17 例(32.69%),局限性有颞叶 11 例,4 例位于额叶,2 例位于顶叶;I b 型 23 例(44.23%),额叶 9 例,顶叶 8 例,3 例位于岛叶,2 例位于中央区,1 例发现于颞叶;I c 型 12 例(23.08%),额叶 7 例,顶叶 3 例,2 例位于岛叶。3D 高分辨 MRI 主要征象为:①局灶性灰白质分界模糊;②局灶性皮质结构异常;③白质内异常信号灶;④明显的节段性或脑叶萎缩/发育不全与局部白质体积缩小(见图 1)。不同序列对各种征象的检出率见表 1,灰白质分界模糊、局灶性皮质结构异常的检出率 3D 高分辨序列明显高于常规序列,且 3D-T<sub>1</sub>WI 的检出率要高于 3D-T<sub>2</sub>FLAIR,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );对白质内异常信号灶的检出 3D-T<sub>2</sub>FLAIR 要明显高于 3D-T<sub>1</sub>WI 及其它常规序列( $P < 0.05$ );局限性脑叶萎缩/发育不全的检出率,各序列差异无明显统计学意义( $P > 0.05$ )。

2.2 高分辨成像与 MRI 常规序列在 FCD 病灶定位与评估中的比较(各序列所能显示的病灶最大影像学区域) 在本组 52 例 MRI 阳性 FCD I 型患儿中,3D-T<sub>1</sub>WI 和 3D-T<sub>2</sub>FLAIR 对病灶范围、边界及完整性的显示明显优于常规序列( $P < 0.05$ )(见表 2、表 3)。3D 高分辨成像较常规 MRI 序列更能够精确显示 FCD 最大影像学区域,对病灶范围及边界的评估更准确。

表 1 各序列对 I 型 FCD 不同 MRI 征象检出率对比[例(%)]

序列	MRI 征象			
	局灶性灰白质分界模糊	局灶性皮质结构异常	白质内异常信号灶	局灶性脑叶萎缩
3D-T <sub>1</sub> WI	46(88.46)	42(80.77)	18(34.62)	13(25.00)
3D-T <sub>2</sub> FLAIR	41(78.85)	40(76.92)	26(50.00)	14(26.92)
T <sub>1</sub> WI	34(65.38)	35(67.31)	11(21.15)	9(17.31)
T <sub>2</sub> FLAIR	35(67.31)	31(59.62)	15(28.85)	11(21.15)
T <sub>2</sub> WI	33(63.46)	27(51.92)	13(25.00)	8(15.38)
$\chi^2$ 值	11.879	13.459	12.141	2.998
P 值	0.018	0.009	0.016	0.558

表 2 3D-T<sub>1</sub> WI 与 T<sub>1</sub> WI 序列在显示 I 型 FCD 病灶范围及边界中的对比[例数(%)]

序列	对 FCD 病灶范围及边界的显示			
	清晰	较清晰	模糊	不能显示
3D-T <sub>1</sub> WI(n=52)	31(56.92)	12(23.08)	7(13.46)	2(3.85)
T <sub>1</sub> WI(n=52)	3(5.77)	14(26.92)	23(44.23)	12(23.08)
$\chi^2$ 值		19.162		
P 值		<0.001		

表 3 3D-T<sub>2</sub> FLAIR 与 T<sub>2</sub> FLAIR 序列在显示 I 型 FCD 病灶完整性中的对比[例数(%)]

序列	对 FCD 病灶范围及边界的显示			
	完整	较完整	模糊	显示不清
3D-T <sub>2</sub> FLAIR(n=52)	31(50.77)	14(29.23)	6(13.85)	1(6.15)
T <sub>2</sub> FLAIR(n=52)	11(23.08)	13(27.69)	20(29.23)	8(20.00)
$\chi^2$ 值		22.544		
P 值		<0.001		

### 3 讨论

根据最新病理学分类<sup>[3]</sup>: I 型 FCD 皮质为成熟神经元,只是存在不同位置的皮质结构不良,所以其病理改变较轻微、局限且隐匿,MRI 常规序列对其识别率较低<sup>[4]</sup>,对病灶边界及范围的显示也往往不能较好满足临床需求,高分辨成像的优势在于对软组织分辨率的提高,不仅使病灶检出率大大提高,而且对病变范围及边界的评估也更为准确。局灶性灰白质分界模糊与皮质结构异常为 FCD 主要 MRI 征象,但相关文献<sup>[5]</sup>报道在 I 型患儿中,此两种征象不甚

明显,本研究中,3D-T<sub>1</sub> WI 高分辨成像共检出此两种征象分别为 48 例(88.46%)、42(80.77%),较常规 T<sub>1</sub> WI 序列检出率(65.38%、67.31%)大大提高,而且也明显高于 3D-T<sub>2</sub> FLAIR 高分辨成像,这与相关文献报道<sup>[6]</sup>是一致的,原因可能是 T<sub>1</sub> WI 序列是反映人脑组织间 T<sub>1</sub> 值的差别,所以其识别正常组织解剖及正常组织与异常信号灶的能力较高,T<sub>1</sub> WI 高分辨成像进一步提高了软组织分辨率<sup>[7]</sup>,从而使得其在正常脑组织间微小异常信号灶的识别能力大大提高。FLAIR 序列对于显示脑实质及蛛网膜下腔病灶较为

敏感,故  $T_1$ WI 在显示灰白质分界病变及皮质结构异常中的能力要好于 FLAIR 序列<sup>[8]</sup>。

I 型 FCD 白质内异常信号灶为神经元移行过程中少量停留所致<sup>[9]</sup>,此征象在本病中检出率较低,本组中高分辨成像明显高于常规序列,且 3D- $T_2$ FLAIR 检出率高于 3D- $T_1$ WI,分别为 50.00%、34.62%,差异有统计学意义。相关文献<sup>[10]</sup>报道,在一组 I 型 FCD 术后病理的统计中发现在 74.3% 的病例中出现白质内异常信号灶,这明显高于我们的研究结果,原因可能为高分辨成像还是不能彻底检出所有白质内异形神经元停滞所形成的病灶,当异形神经元较少时,MRI 常无明显阳性征象。节段性或脑叶萎缩/发育不全与局部白质体积缩小是 I 型 FCD 中较为容易漏诊及误诊的征象,此征象无明显特异性,可见于多种病变中,故此征象只能作为 FCD 的一种次要表现,我们前期研究中(结果尚未发表),有 3 例 I 型 FCD 只表现为局灶性脑叶萎缩/发育不全,均被漏诊或误诊,本组中高分辨成像对此征象的检出率虽然略高于常规序列,但差异无统计学意义。

高分辨成像对于 I 型 FCD 的价值不仅仅是提高了病灶检出率,更为重要的是在于术前的准确评估与定位。文献<sup>[11]</sup>报道 I 型 FCD 病灶往往较为局限,如果在术前能够准确评估其范围及边界的话,彻底切除致痫灶后,患儿的癫痫控制将会取得较为满意的效果,但是实际临床外科统计结果却显示,手术预后效果却不尽令人满意,诸多观点<sup>[12,13]</sup>认为 I 型 FCD 手术预后要差于 FCD II 型,我们分析导致这种结果的原因之一可能是术前对致痫灶的边界及范围的评估还不够精确。本组中,我们利用高分辨成像来评估病灶范围及边界,结果显示 3D- $T_1$ WI 较常规  $T_1$ WI 更精准、清楚,3D- $T_2$ FLAIR 在显示病灶完整性方面较常规  $T_2$ FLAIR 序列更有优势,这与相关文献<sup>[14]</sup>报道是基本一致的。所以,术前高分辨成像是评估与定位 I 型 FCD 器质性病变的最有效检查手段。相关文献<sup>[15]</sup>也曾报道,高分辨成像尤其是 7T 以上场强 MRI 可能会将致痫灶区域(手术需要彻底切除的范围)进一步扩大。

FCD I 型诊断注意事项与鉴别诊断:局灶性灰

白质分界模糊及皮质结构异常的两种征象的界定比较困难,我们前期在对 24 例 I 型 FCD 患儿的 MRI 高分辨成像的研究中发现,所有病例局灶性灰白质分界模糊征象连续出现的层数均  $\geq 3$ ,且 3D 重建后各位置均是如此。既往文献<sup>[16]</sup>报道皮质结构异常均是增厚的,在本组研究中我们亦发现了部分皮质变薄的现象,42 例出现局灶性皮质结构异常的病例中,高分辨成像 3D 重建后发现病变连续出现层数均  $\geq 2$ 。以上两种征象的检出均以 3D- $T_1$ WI 序列更具优势。FCD I 型的鉴别诊断较为简单:(1)白质斑点状髓鞘化不良或局灶性脱髓鞘病变,皮质下的髓鞘化不良或脱髓鞘与 I 型 FCD 鉴别较困难,但前者无灰白质分界模糊等征象,边界较为清楚。(2)II 型 FCD,对于轻症患者鉴别较为困难,如果病变内存在气球样细胞,就会在 MRI 上形成白质内向脑室方向延伸的锥形异常信号(transmantle sign),此征象均见于 II b 型患儿中<sup>[17]</sup>。(3)结节硬化症,MRI 侧脑室室管膜下多发异常信号灶,白质内多发胶质结节<sup>[18]</sup>,根据钙化时间长短及程度的不同,病灶信号亦复杂、多变,I 型 FCD 通常多为单发局灶性异常信号灶。

MRI 高分辨成像能够较大程度的提高病灶的检出率,对病灶范围、边界的确定也更为准确,同时还能够发现常规序列无法检出的致痫灶,是 I 型 FCD 术前诊断和评估的重要检查手段,对手术方案的制定起着至关重要的作用。但是高分辨成像暂时还不能够区分 I 型 FCD 各亚型的 MRI 征象,部分患儿术前高分辨成像仍然为阴性,这将是以后工作的重点内容。

#### [参考文献]

- [1] Kakita A. Surgical pathologic features of cerebral cortical lesions taken from 600 patients with intractable epilepsy[J]. Brain Dev, 2013,35(8):793-801.
- [2] Jayalakshmi S, Nanda SK, Vooturi S, et al. Focal Cortical Dysplasia and Refractory Epilepsy: Role of Multimodality Imaging and Outcome of Surgery[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2019,40(5):892-898.
- [3] Blümcke I, Thom M, Aronica E, et al. The clinicopathologic spectrum of focal cortical dysplasias: A consensus classification proposed by an ad hoc Task Force of the ILAE Diagnostic Methods Commission[J].

- Epilepsia,2011,52(1):158-174.
- [4] Hong SJ, Bernhardt BC, Caldaïrou B, et al. Multimodal MRI profiling of focal cortical dysplasia type II [J]. Neurology,2017,88(8):734-742.
- [5] Veersema TJ, Ferrier CH, Van Eijdsen P, et al. Seven tesla MRI improves detection of focal cortical dysplasia in patients with refractory focal epilepsy[J]. Epilepsia Open,2017,2(2):162-171.
- [6] Jin B, Krishnan B, Adler S, et al. Automated detection of focal cortical dysplasia type II with surface-based magnetic resonance imaging post-processing and machine learning [J]. Epilepsia,2018,59(5):982-992.
- [7] Ma D, Liu C, Kong Q, et al. Signal intensity of decussation of the superior cerebellar peduncle on sagittal T<sub>1</sub>WI: correlation with age and gender [J]. Clin Imaging,2013,37(1):37-40.
- [8] Kraniotis P, Solomou A. Subacute cortical infarct: the value of contrast-enhanced FLAIR images in inconclusive DWI [J]. Radiol Bras, 2019,52(4):273-274.
- [9] Taylor DC, Falconer MA, Bruton CJ, et al. Focal dysplasia of the cerebral cortex in epilepsy [J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry,1971,34(4):369-387.
- [10] Mata-Mbembwa D, Iimura Y, Hazrati LN, et al. MRI, Magnetoencephalography, and Surgical Outcome of Oligodendrocytosis versus Focal Cortical Dysplasia Type I [J]. AJNR Am J Neuroradiol,2018,39(12):2371-2377.
- [11] Choi SA, Kim KJ. The Surgical and Cognitive Outcomes of Focal Cortical Dysplasia [J]. J Korean Neurosurg Soc,2019,62(3):321-327.
- [12] Noli D, Bartuluchi M, González FS, et al. Type II focal cortical dysplasia: electroclinical study and surgical outcome in 31 pediatric patients [J]. Childs Nerv Syst,2013,29(11):2079-87.
- [13] Mrelashvili A, Witte RJ, Wirrell EC, et al. Seizure freedom in children with pathology-confirmed focal cortical dysplasia [J]. Pediatr Neurol,2015,53(6):513-518.
- [14] Colombo N, Tassi L, Deleo F, et al. Focal cortical dysplasia type II a and II b: MRI aspects in 118 cases proven by histopathology [J]. Neuroradiology,2012,54(10):1065-1077.
- [15] Guye M, Bartolomei F, Ranjeva JP. Malformations of cortical development: The role of 7-Tesla magnetic resonance imaging in diagnosis [J]. Rev Neurol (Paris),2019,175(3):157-162.
- [16] 柳溪, 孙吉林, 吴晶, 等. 不同病理类型局灶性皮质发育不良的 MRI 特征 [J]. 中华放射学杂志,2010,44(5):491-494.
- [17] Widjaja E, Otsubo H, Raybaud C, et al. Characteristics of MEG and MRI between Taylor's focal cortical dysplasia (type II) and other cortical dysplasia: surgical outcome after complete resection of MEG spike source and MR lesion in pediatric cortical dysplasia [J]. Epilepsy Res,2008,82(2/3):147-155.
- [18] Jesmanas S, Norvaint K, Gleiznien R, et al. Different MRI-defined tuber types in tuberous sclerosis complex: Quantitative evaluation and association with disease manifestations [J]. Brain Dev,2018,40(3):196-204.

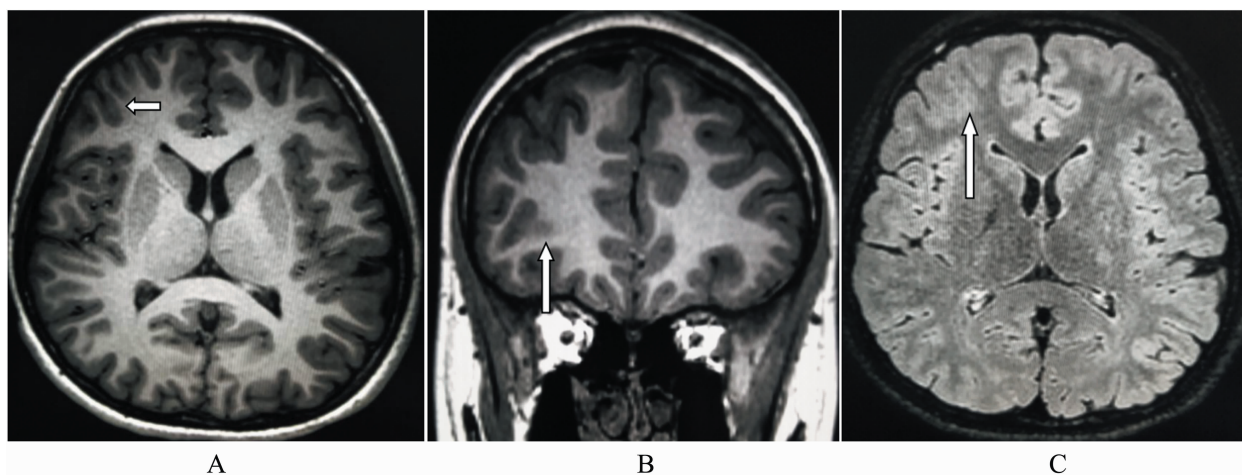


图1 男,2岁7个月,癫痫频繁发作,病理示FCD I b型。A、B分别为3D-T<sub>1</sub>WI轴位、冠状位高分辨成像,可见右侧额叶局灶性灰白质分界模糊(长箭头)及相应皮质变薄(短箭头)。C为3D-T<sub>2</sub>FLAIR轴位高分辨成像,右额叶皮质下白质内片状高信号影(长箭头)