

## 论 著

## 增强MRI全域直方图鉴别儿童星形细胞瘤和室管膜瘤的价值

许珂 张勇\* 程敬亮

汪卫建

郑州大学第一附属医院磁共振科

(河南 郑州 450052)

**【摘要】目的** 深入探究T<sub>1</sub>全域灰度直方图分析在儿童后颅窝星形细胞瘤与室管膜瘤鉴别诊断中的实用价值。**方法** 本研究对我院数据库中记录的51例经MRI检查及病理确诊的儿童后颅窝肿瘤病例进行了详尽的回顾性剖析。在这51例病例中,星形细胞瘤占26例(男性12例,女性14例),室管膜细胞瘤占25例(男性13例,女性12例)。患者年龄分布在1至12岁之间,平均年龄为(5.5±2.3)岁。我们运用Mazda软件,在两组MR增强T<sub>1</sub>矢状位图像的每一层肿瘤层面上,精确地勾画出感兴趣区域,并进行全面的灰度全域直方图分析。接着,我们对这两组直方图参数特征进行了详尽的统计学对比,旨在深入剖析各参数在鉴别诊断中的统计意义,以期为儿童后颅窝肿瘤的精确诊断提供更为有效的辅助手段。**结果** 在深入分析通过增强T<sub>1</sub>全域灰度直方图所提取的九个参数时,我们发现其中四个参数——变异性(Variance)、偏度(Skewness)、第一百分位数(Perc.01%)以及第10百分位数(Perc.10%)在统计学上具有显著差异(P均<0.05),这一发现为我们的研究提供了强有力的数据支撑。特别是Variance这一参数,其灵敏度高达73.3%,特异度也达到了61.9%,且其曲线下面积(AUC)为0.731,展现出优秀的鉴别效能。进一步地,我们确定了Variance的最佳临界值为740.71,这一具体数值为我们的诊断提供了明确的参考标准。**结论** 增强的T<sub>1</sub>全域灰度直方图分析在儿童后颅窝星形细胞瘤和室管膜瘤的鉴别诊断中,展现出了不容忽视的价值。这一方法不仅能够为医生提供新的诊断视角,而且有望成为一种针对这两种儿童后颅窝肿瘤的有效辅助诊断工具,为我们的医疗实践带来积极的影响。

**【关键词】** 磁共振成像; 儿童; 后颅窝肿瘤; 全域; 灰度直方图

**【中图分类号】** R445.2

**【文献标识码】** A

**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2024.08.005

## The Value of Whole Tumors Volume Based Enhancement MRI Histogram Analysis Of Differential Diagnosis in Children with Astrocytoma and Ependymoma

XU Ke, ZHANG Yong\*, CHENG Jing-liang, WANG Wei-jian.

Department of Magnetic Resonance, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, Henan Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To explore the practical value of T<sub>1</sub> global gray histogram analysis in the differential diagnosis of posterior fossa astrocytoma and ependymoma in children. **Methods** In this study, 51 cases of posterior cranial fossa tumor diagnosed by MRI and pathology in our hospital database were analyzed retrospectively. Of these 51 cases, 26 were astrocytomas (12 males and 14 females) and 25 were ependymomas (13 males and 12 females). Patients ranged in age from 1 to 12 years, with an average age of (5.5±2.3) years. We used Mazda software to precisely delineate regions of interest at each tumor level in two sets of MR Enhanced T<sub>1</sub> sagittal images, and performed comprehensive gray scale global histogram analysis. Then, we conducted a detailed statistical comparison of these two groups of histogram parameters, aiming to deeply analyze the statistical significance of each parameter in the differential diagnosis, in order to provide a more effective auxiliary means for the accurate diagnosis of posterior cranial fossa tumors in children. **Results** In the in-depth analysis of the nine parameters extracted by enhancing the T<sub>1</sub> global gray histogram, We found that four of these parameters - Variance, Skewness, first percentile (Perc.01%), and 10th percentile (Perc.10%) - were statistically significant (P<0.05), which provides strong data support for our study. In particular, Variance has a sensitivity of 73.3%, a specificity of 61.9%, and an area under the curve (AUC) of 0.731, showing excellent discrimination efficiency. Further, we determined that the optimal threshold of Variance is 740.71, which provides a clear reference standard for our diagnosis. **Conclusion** Enhanced T<sub>1</sub> global gray histogram analysis is of great value in the differential diagnosis of posterior fossa astrocytoma and ependymoma in children. This method can not only provide doctors with a new diagnostic perspective, but also is expected to become an effective auxiliary diagnostic tool for these two types of children's posterior cranial fossa tumors, and bring positive impact on our medical practice.

**Keywords:** MRI; Children; Posterior Fossa Tumors; Whole Tumors; Enhanced T<sub>1</sub> Histogram Analysis

全域直方图分析作为一种新颖的图像处理技术,它依据像素分布特性从磁共振图像中获取病变区域的感兴趣区域(ROI)各层的像素值,并通过计算平均值得到肿瘤实体部分的数据,进而深入分析肿瘤的灰度分布,从而提供有助于疾病识别与分类的相关指标。儿童时期的中枢神经系统肿瘤中,颅内肿瘤占据了超过90%的比例<sup>[1]</sup>,而在这些颅内肿瘤中,约有50%位于后颅窝区域,其中以毛细胞星形细胞瘤、室管膜瘤和髓母细胞瘤最为常见<sup>[2]</sup>。通常情况下,星形细胞瘤与室管膜瘤在常规影像学上难以区分,而且这两种肿瘤的临床表现往往不够典型,治疗方法及其预后也存在差异<sup>[3]</sup>。直方图分析能够提供额外的定量信息,帮助区分不同的肿瘤类型,目前这一技术已被应用于脑膜瘤<sup>[4]</sup>、胶质瘤<sup>[5]</sup>以及子宫疾病的分级或诊断研究<sup>[6]</sup>之中。在此项研究中,我们对93例经过手术病理确诊的儿童后颅窝室管膜瘤和星形细胞瘤进行了回顾性分析,目的是评估增强T<sub>1</sub>直方图分析在全肿瘤ROI内的应用对于区分室管膜瘤和星形细胞瘤的价值。

## 1 资料与方法

**1.1 研究主体** 我们进行了一项回顾性分析,深入研究了自2011年4月至2017年8月间,我院收集的51例经病理严格证实的儿童后颅窝肿瘤患者的病例。这些患者中,26例被确诊为星形细胞瘤(其中男性患者12例,女性患者14例),另有25例为室管膜细胞瘤(其中男性患者13例,女性患者12例)。这些患者的年龄分布范围广泛,介于1岁至12岁之间,平均年龄为(5.5±2.3)岁。

在临床表现上,这些患儿的首发症状多种多样,但普遍表现为头晕、头痛、呕吐以及共济失调等症状。这些症状给患儿带来了极大的痛苦,同时也给我们的诊断和治疗工作带来了挑战。在纳入研究标准方面,我们严格遵循以下几点:(1)所有患儿在手术前均在我院进行了常规MRI检查,影像资料完整,涵盖了轴面T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI、FLAIR、DWI以及增强T<sub>1</sub>WI等多个维度;(2)所有病例均通过手术病理证实为星形细胞瘤或室管膜瘤,确保了诊断的准确性和可靠性;(3)所有MRI图像质量均达到清晰标准,为后续的影像分析和诊断提供了有力保障。

**1.2 磁共振成像** 在使用尖端的德国Siemens Skyra 3.0T磁共振扫描系统时,我们选择了高标准的32通道头线圈,以确保扫描的精确度和图像的清晰度。扫描序列的构成涵盖了多个关键序列,以全面捕捉脑部的结构信息:T<sub>1</sub>WI序列(轴位和矢状位)、T<sub>2</sub>WI序列(轴

**【第一作者】** 许珂,女,医师,主要研究方向:中枢神经系统脑MRI研究。E-mail: 15188367223@163.com

**【通讯作者】** 张勇,男,主任医师,主要研究方向:中枢神经系统脑MRI研究。E-mail: 109496417@qq.com

位)、液体衰减反转恢复序列(即FLAIR序列, 轴位)、DWI序列(轴位)以及增强T<sub>1</sub>WI序列(涵盖轴位、矢状位及冠状位)。扫描参数: 对于T<sub>1</sub>WI序列, 选择了TR 260 ms和TE 2.46 ms的参数; T<sub>2</sub>WI序列则使用了TR 3 800 ms和TE 93 ms; 对于FLAIR序列, 选定了TR 4 500 ms和TE 93 ms的参数; DWI序列在b值为0、1 000 s/mm<sup>2</sup>的基础上, 采用了TR 3500 ms和TE 119 ms的参数。为了确保扫描的覆盖范围足够且图像质量上乘, 还设定了FOV(视野)为230mm×230mm, 层厚为5mm, 层间距为0.3mm, 矩阵为256×256。对于增强扫描, 采用了与平扫T<sub>1</sub>WI序列相一致的参数, 以确保在需要的情况下, 能够获得更为详尽和准确的信息。这种全面的扫描方案和高精度的参数设定, 将为我们提供卓越的脑部图像, 帮助医生进行更精准的诊断和治疗。

### 1.3 磁共振图像处理

1.3.1 图像选择 在进行MRI图像处理时, 为确保数据的一致性与准确性, 需将所有患者的MRI图像自PACS工作站中, 以标准的.BMP格式导出。在导出过程中, 需对图像的窗宽、窗位进行精确调整, 以确保所有图像的窗宽、窗位均达到统一标准, 随后将处理后的图像妥善保存至硬盘。在后续的分析中, 应优先选取矢状位增强T<sub>1</sub>WI序列作为全域直方图分析的主要对象, 同时, 其他序列图像将作为辅助资料, 以支持分析工作的全面性与准确性。

1.3.2 利用MaZda软件进行区域兴趣点(region of interest, ROI)的界定与全范围直方图评估: 在增强后的T<sub>1</sub>加权矢状面图像上, 沿着肿瘤边界, 人工描绘每一层面的ROI, 随后, 软件自动构建这些区域的灰阶直方图。基于这些直方图, 我们计算并获取了一系列量化指标, 包括平均灰度值(Mean)、肿瘤组织的变异性

(Variance)、数据分布的尖峭度(Kurtosis)、偏斜度(Skewness), 以及不同百分位数的灰度阈值, 具体为99%(Perc.99%)、90%(Perc.90%)、50%(Perc.50%)、10%(Perc.10%)、1%(Perc.01%)等。对于两种肿瘤类型, 我们对所有样本进行了相同处理, 精确地在每一层面标注了ROI, 并采用红色高亮显示, 对比标记前后图像如图1-2所示。整个研究中, ROI的选择和绘制工作均在三位资深影像学专家的监督下完成。

1.4 统计分析 使用SPSS 21.0软件处理数据。连续变量以( $\bar{x} \pm s$ )的形式表示, 并检查其是否遵循正态分布; 若符合, 则运用两独立样本t检验来评估两类直方图参数间的不同之处; 反之, 则应用非参数检验方法, 显著性水平设定为P<0.05。构建ROC曲线并测量其下的面积, 以此来推测判断后颅窝星形细胞瘤与室管膜瘤的最佳界限值。同时, 构建ROC曲线以确定最适宜的阈值来区别这两种肿瘤。通过计算ROC曲线下的面积(AUC)来评估统计上存在差异的参数对这两种肿瘤的鉴别能力。对于统计上有意义的参数, 在这两类肿瘤间, ROC曲线下面积最大的点代表了最高的敏感性和特异性。

## 2 结果

2.1 星形细胞瘤和室管膜瘤的直方图参数比较 如图3-4所展示的, 软件运行生成的直方图已呈现。针对两组肿瘤灰度直方图, 我们进行了详尽的参数值统计, 其结果详细列于表1中。经过对灰度直方图进行深入分析, 我们得出以下结论: 在所考察的9个参数中, Variance、Skewness、Perc1以及Perc10这四个参数表现出显著的统计学差异(P值均小于0.05)。

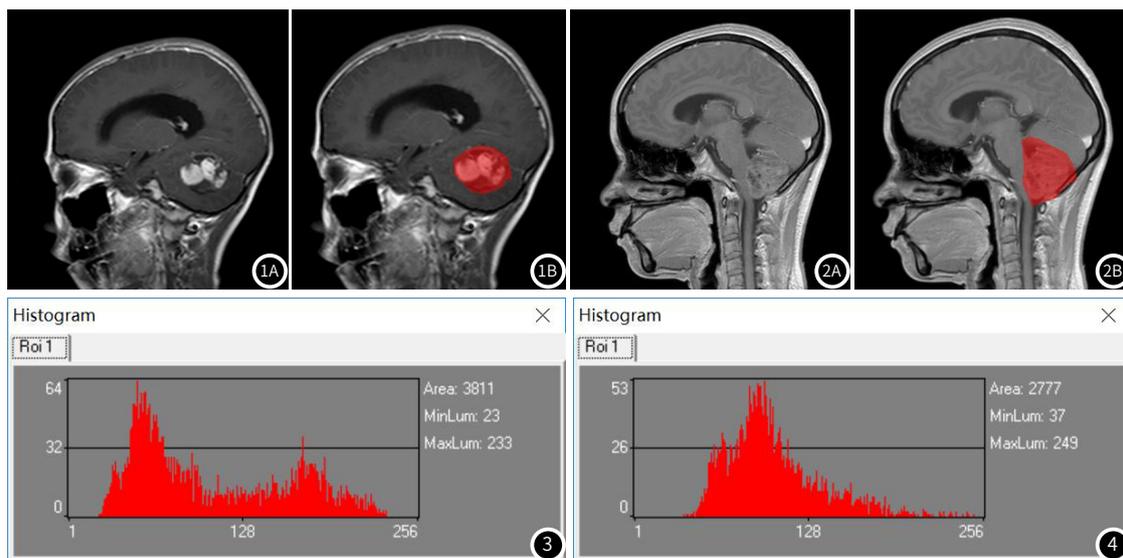


图1A 星形细胞瘤增强T<sub>1</sub>矢状位原始图像; 图1B 星形细胞瘤增强T<sub>1</sub>矢状位标记后图像; 图3 星形细胞瘤。  
图2A 室管膜瘤增强T<sub>1</sub>矢状位原始图像; 图2B 室管膜瘤增强T<sub>1</sub>矢状位标记后图像; 图4 室管膜瘤。

2.2 直方图参数的ROC曲线分析 ROC曲线经过缜密分析, 旨在评估Variance、Skewness、Perc1、Perc10这四个参数在两组肿瘤之间的鉴别诊断能力。如图5所示, 我们观察到了统计学上有显著差异的参数在两组肿瘤之间的AUC值。同时, 为了兼顾灵

敏度和特异度, 我们选定了最佳临界值, 具体数值已列入表2。其中, Variance参数展现出了较高的鉴别效能, 其灵敏度达到73.3%, 特异度为61.9%, 曲线下面积计算得出为0.731, 且其最佳临界值设定为740.71。

表1 两组儿童后颅窝肿瘤全域灰度直方图参数统计分析

组别	星形细胞瘤	室管膜瘤	t值/Z值	P值
Mean	102.83±73.73	116.11±76.96	-1.923	0.054
Variance	1402.62±1820.06	656.02±470.98	-3.583	<0.001
Skewness	0.79±0.81	0.35±0.73	-2.909	0.004
Kurtosis	2.09±3.58	0.86±2.12	-1.866	0.062
Perc.1%	46.63±29.89	53.02±19.04	-2.133	0.033
Perc.10%	67.14±55.43	70.89±21.88	-2.104	0.035
Perc.50%	97.72±78.07	97.78±28.40	-1.882	0.060
Perc.90%	147.18±87.21	130.94±35.33	-0.481	0.631
Perc.99%	186.38±95.80	156.48±39.54	-1.771	0.077

表2 方差、偏度、第1百分位数、第10百分位数对室管膜瘤与星形细胞瘤的鉴别效能(AUC>0.5,\*P<0.05)

组别	AUC	P值	临界值	灵敏度	特异度
Variance	0.731	<0.001	740.71	73.3%	61.9%
Skewness	0.687	<0.004	0.43	70.0%	65.1%
Perc.1%	0.637	0.033	44.90	65.1%	56.6%
Perc.10%	0.635	0.035	59.65	68.3%	56.6%

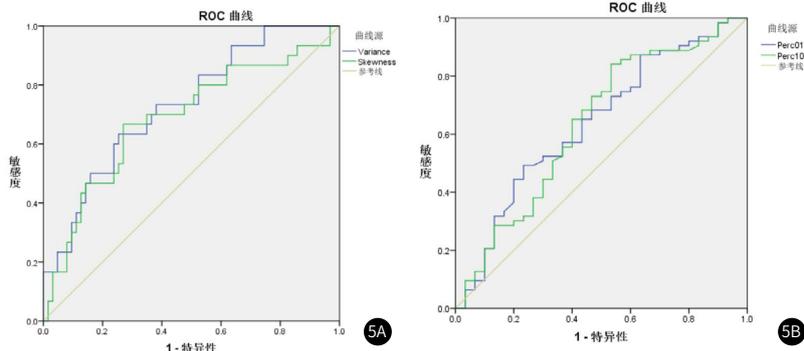


图5A Variance与Skewness的ROC曲线; 图5B Perc. 1%与Perc. 10%的ROC曲线。

### 3 讨论

**3.1 全域直方图的应用** 近年来,一种创新的图像分析技术——直方图分析法逐渐受到关注,该技术能依据磁共振的平扫及增强T<sub>1</sub>WI、ADC以及T<sub>2</sub>WI影像数据进行处理。全局直方图分析通过统计并分析病灶区域各层的像素值及其灰度分布情况,能够获取大量的量化指标,进而辅助实现疾病的分类与分级,为肿瘤诊断提供了全新的优化途径。当前,已有多篇文献证实了全局直方图分析在疾病分级和鉴别诊断上的有效应用。例如,金等人<sup>[7]</sup>利用直方图分析对乳腺癌治疗效果进行了评估; Xu等人<sup>[8]</sup>则通过全肿瘤直方图分析来区分神经鞘瘤和脑膜瘤;此外, Ryu等人<sup>[9]</sup>运用磁共振弥散加权成像的全肿瘤直方图分析来评估肿瘤的异质性特征。

**3.2 全域直方图的优势** 利用磁共振成像特征来区分主要类型的儿童后颅窝肿瘤已成为术前评估的首选方案<sup>[10]</sup>。尽管如此,星形细胞瘤与室管膜瘤在MRI上呈现出一定的相似性,例如它们常出现在相似的位置,影响相似年龄段的患者,并且都容易形成囊变以及表现出显著的增强效应。近期的研究表明,在肿瘤鉴别中采用MRI定量分析能够提高诊断准确性,从而克服单纯依赖磁共振图像特征识别这些肿瘤类型的局限性。直方图技术在磁共振成像中被广泛应用于不同病灶的诊断和鉴别,其假设是在一致条件下完成图像获取、处理及分析工作,这赋予了该技术客观、量化、可重复且低误差的特点。由于直方图涵盖了整个肿瘤区域,能够体现肿瘤内部不同灰度属性的变化,因此基于整个肿瘤区域兴趣(ROI)的直方图分析显示出在肿瘤分类或分级方面的优势<sup>[11]</sup>。

**3.3 全域直方图的临床价值** 当前,利用全肿瘤直方图分析来区分儿童后颅窝中的常见肿瘤的研究尚不多见。本研究通过考察九项直方图参数——均值、方差、偏度、峰度、以及从0.1%至99%的百分位数值——以评估其在星形细胞瘤和室管膜瘤中的统计意义。研究结果显示,方差、偏度、1%百分位数和10%百分位数这四个参数在这两种肿瘤间的差异具有统计学意义。这些参数的变化揭示了肿瘤内部微观结构与功能特性的差异。具体而言,方差用来量化病灶特征值与其平均值之间的分散程度;较大的方差意味着数据点更远离平均值,表明病灶的不均匀性增加<sup>[12]</sup>。峰度用于描述直方图峰值的形态,相较于标准正态分布,更高的峰度表示更尖锐的分布形态,而较低的峰度则对应更平坦的分布。偏度则衡量分布的不对称性;正值偏度表示分布向右倾斜,大部分数据点(包括中位数)位于平均值的左侧;而负值偏度则显示分布向左倾斜,表明分布的长尾偏向较小的值。绝对偏度值越大,说明分布的偏斜程度越高。此外,特定的百分位数值代表构成直方图的数据点的值<sup>[13]</sup>。在星形细胞瘤与室管膜瘤的对比中,方差展现出较高的敏感性和特异性,表明它可能是一种有效的鉴别诊断指标。

本探究尚存若干局限,具体如下:首先,研究对象的数量受到一定限制,并且采用的是回溯性研究设计;其次,我们并未对不同级别的室管膜瘤进行对比,以观察其在灰度直方图参数上的可能变化;再者,尽管近年来已有若干研究通过磁共振灌注成像等先进的功能成像技术,旨在区分上述两种肿瘤类型,但本研究仅仅聚焦于增强直方图参数,以此作为星形细胞瘤与室管膜瘤鉴别的依据,而未能进一步探索功能成像中直方图参数的异同。

本探究所得的全局直方图评估结论,与Wagner<sup>[14]</sup>等学者的发现相呼应,这再次印证了采用灰阶全局直方图分析在辨别儿童后颅窝区域中频发的星形细胞瘤及室管膜瘤时的有效性。此分析手法展现出了作为判别上述两种儿童后颅窝肿瘤新颖辅助诊断策略的潜力。

### 参考文献

- [1] Poretti A, Meoded A, Huisman TA. Neuroimaging of pediatric posterior fossa tumors including review of the literature[J]. J Magn Reson Imaging, 2012, 35 (1): 32-47.
- [2] 邓小林, 文明, 吴晓凤, 等. ADC比值鉴别诊断儿童后颅窝肿瘤[J]. 中国医学影像技术, 2015, 31 (11): 1620-1624.
- [3] 卜春晓, 张勇, 程敬亮, 等. ADC值在儿童常见小脑肿瘤鉴别诊断中的应用[J]. 实用放射学杂志, 2015, 31 (6): 998-1001.
- [4] Wang S, Kim S, Zhang Y, et al. Determination of grade and subtype of meningiomas by using histogram analysis of diffusion-tensor imaging metrics [J]. Radiology, 2012, 262 (2): 584-592.
- [5] Jung SC1, Yeom JA1, Kim JH, et al. Glioma: application of histogram analysis of pharmacokinetic parameters from T<sub>1</sub>-weighted dynamic contrast-enhanced MR imaging to tumor grading[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2014, 35 (6): 1103-1110.
- [6] Woo S, Cho JY, Kim SY, et al. Histogram analysis of apparent diffusion coefficient map of diffusion-weighted MRI in endometrial cancer: a preliminary correlation study with histological grade[J]. Acta Radiol, 2014, 55 (10): 1270-1277.
- [7] 金观桥, 苏丹柯, 罗殿中, 等. 表观扩散系数直方图预测局部晚期乳腺癌患者新辅助化疗疗效的价值[J]. 中华放射学杂志, 2015, 49 (7): 491-494.
- [8] Xu XQ, Li Y, Hong XN, et al. Radiological indeterminate vestibular schwannoma and meningioma in cerebellopontine angle area: differentiating using whole-tumor histogram analysis of apparent diffusion coefficient [J]. Int J Neurosci, 2017, 127 (2): 183-190.
- [9] Ryu YJ, Choi SH, Park SJ, et al. Glioma: application of whole-tumor texture analysis of diffusion-weighted imaging for the evaluation of tumor heterogeneity[J]. PLoS One, 2014, 30 (9): e108335.
- [10] Bull JG, Saunders DE, Clark CA. Discrimination of paediatric brain tumours using apparent diffusion coefficient histograms[J]. Eur Radiol, 2012, 22 (2): 447-457.
- [11] Zhang YD, Wang Q, Wu CJ, et al. The histogram analysis of diffusion-weighted intravoxel incoherent motion (IVIM) imaging for differentiating the Gleason grade of prostate cancer[J]. Eur Radiol, 2015, (25): 994-1004.
- [12] 陈鑫, 魏新华, 杨蕊梦, 等. 增强T<sub>1</sub>WI直方图在胶质母细胞瘤和脑单发转移瘤鉴别诊断中的应用[J]. 中华放射学杂志, 2016, 50 (3): 186-190.
- [13] Lu SS, Kim SJ, Kim N, et al. Histogram analysis of apparent diffusion coefficient maps for differentiating primary CNS lymphomas from tumefactive demyelinating lesions[J]. AJR Am J Roentgenol, 2015, (204): 827-834.
- [14] Wagner MW, Narayan AK, Bosemani T, et al. Histogram analysis of diffusion tensor imaging parameters in pediatric cerebellar tumors[J]. J Neuroimaging, 2016, 26 (3): 360-365.

(收稿日期: 2023-09-13)

(校对编辑: 韩敏)