

¹H-MRS 在颅脑常见肿瘤诊断与鉴别诊断中的价值

王金梅 张 敏 陆志前 刘建光 姜从革 张 军

(宣城市人民医院 影像科 安徽 宣城 242000)

【摘要】目的: 探讨氢质子磁共振波谱(¹H-MRS) 在颅脑常见肿瘤诊断与鉴别诊断中的价值。方法: 回顾性分析术后病理或临床确诊的 43 例脑肿瘤患者的临床和 MR 资料, 其中胶质瘤(组) 18 例, 脑膜瘤(组) 13 例, 转移瘤(组) 12 例。所有患者行常规 MRI 及¹H-MRS 检查, 并尽量选取病灶对侧正常脑组织作为参照区, 测定肿瘤实质区胆碱(Cho)、乙酰天门冬氨酸(NAA)、肌酸(Cr)、脂质(Lip)、乳酸(Lac) 及丙氨酸(Ala) 代谢产物浓度的峰值, 计算 NAA/Cho、Cho/Cr、NAA/Cr 比值, 并与参照区上述比值进行对照分析。结果: 3 组肿瘤常规 MRI 多表现为等/稍长 T1、稍长/长 T2 信号, 伴有不同程度强化及周围水肿。¹H-MRS 显示各肿瘤实质区 Cho 峰明显升高、NAA 峰明显降低或缺失、Cr 峰不同程度降低, 高级别胶质瘤及转移瘤常见 Lip 及 Lac 峰, 脑膜瘤可见特征性 Ala 峰。各肿瘤实质区 Cho/Cr、NAA/Cho、NAA/Cr 比值与参照区比较差异具有统计学意义($P < 0.05$)。脑膜瘤组 NAA/Cr、NAA/Cho 明显低于胶质瘤、转移瘤组, 差异具有统计学意义($P < 0.05$)。低级别胶质瘤 Cho/Cr 比值明显低于高级别胶质瘤, 差异具有统计学意义($P < 0.05$)。高级别胶质瘤 Cho/Cr 比值低于转移瘤, 且差异具有统计学意义($P < 0.05$)。结论: ¹H-MRS 对颅内胶质瘤、脑膜瘤及转移瘤的诊断具有重要意义, 当三者常规 MRI 表现相似时, ¹H-MRS 具有一定的鉴别诊断价值。

【关键词】磁共振成像; 磁共振波谱学; 氢质子; 颅脑肿瘤; 诊断; 鉴别

【中图分类号】R 739.4; R 445.2 **【文献标识码】**A

【DOI】10.3969/j.issn.1002-0217.2016.02.019

Values of ¹H-MRS in the diagnosis and differential diagnosis of brain tumors

WANG Jinmei ZHANG Min LU Zhiqian LIU Jianguang JIANG Congge ZHANG Jun

Department of Medical Imaging, Xuancheng Municipal People's Hospital, Xuancheng 242000, China

【Abstract】Objective: To assess the value of proton magnetic resonance spectroscopy (¹H-MRS) in the diagnosis and differential diagnosis of brain tumors. **Methods:** Magnetic resonance imaging (MRI) data were reviewed in 43 cases of brain tumors confirmed by previous clinical diagnosis or postoperative pathology. Eighteen were glioma, 13 meningioma and 12 metastases. All patients underwent conventional MRI and ¹H-MRS examination. The normal brain tissue contralateral to the lesion was fixed as reference. Uptake concentration of choline (Cho), N-acetyl aspartate (NAA), creatine (Cr), lipid (Lip), lactic acid (Lac) and alanine (Ala) was determined respectively at the lesion and normal tissue and comparatively analyzed for the ratios among these indicators. **Results:** Conventional MRI manifested as isometric or slightly longer signal on T1WI, slightly high or higher signal on T2WI, with enhancement and edema being seen in the three sorts of tumors. However, ¹H-MRS demonstrated significantly elevated uptake of Cho, yet decreased or deleted NAA in the solid area of tumor, where Cr was reduced to a certain degree. Lip and Lac peaks were detected in the high-grade glioma and metastases, and distinctive Ala peak was seen in meningioma. The ratios of Cho/Cr, NAA/Cho and NAA/Cr were significant different between brain tumors and normal brain tissues ($P < 0.05$) and were significantly lower in meningiomas than the glioma and metastases ($P < 0.05$). Low-grade tumors had higher ratio of Cho/Cr than the high-grade ones that were lower than the metastases ($P < 0.05$). **Conclusion:** ¹H-MRS is a powerful method for the diagnosis of brain tumors, especially for differential diagnosis of glioma, meningioma and metastases. ¹H-MRS is of highest value in differential diagnosis of the three sorts of brain tumors as conventional MRI examination demonstrates similar signals.

【Key words】 magnetic resonance imaging; magnetic resonance spectroscopy; hydrogen proton; brain tumors; diagnosis; differentiation

胶质瘤、脑膜瘤及转移瘤是常见颅脑肿瘤, MRI 为其重要检查方法。但常规 MRI 仅是形态学成像, 不能反映组织功能代谢情况, 对于形态学相似的肿

瘤难以做出定性诊断。特别是对于胶质瘤多发或转移瘤单发的病例, 以及位于脑表面纵裂池旁、外侧裂池旁及脑灰白质交界区的肿瘤更难以诊断、鉴

收稿日期: 2015-08-04

作者简介: 王金梅(1982-), 女, 主治医师, (电话) 18956316232 (电子信箱) 94363004@qq.com.

别^[1]。¹H-MRS 是目前唯一能非侵入性测定人体组织器官能量代谢、生物化学变化及化合物定量的影像学方法,弥补了常规 MRI 在定性诊断方面的不足。本文通过对 43 例确诊为脑肿瘤患者的常规 MRI 及¹H-MRS 资料进行综合分析,探讨¹H-MRS 在颅脑常见肿瘤诊断与鉴别诊断中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 临床资料 搜集经手术病理或临床确诊 43 例脑肿瘤患者的资料,其中胶质瘤 18 例,男 11 例,女 7 例,年龄 26 ~ 66 岁,平均年龄(44.50 ± 11.54)岁。按 WHO2007 年分类,I ~ II 级胶质瘤为低级别组 8 例,III ~ IV 级胶质瘤为高级别组 10 例;脑膜瘤 13 例,男 6 例,女 7 例,年龄 44 ~ 80 岁,平均年龄(61.07 ± 10.70)岁;转移瘤 12 例,男 7 例,女 5 例,年龄 42 ~ 77 岁,平均年龄(61.33 ± 11.18)岁,其中乳腺癌脑转移 1 例、肾透明细胞癌脑转移 1 例、肺癌脑转移 10 例。

1.2 仪器与方法 采用德国西门子公司 Symphoy1.5T 超导型磁共振扫描仪。所有患者行头颅 MRI 常规及¹H-MRS 检查,常规 MR 检查使用标准头颅正交线圈,仰卧位扫描,采用 SE 序列(TR500 ms/TE8.4 ms)和 TSE 序列(TR4000 ms/TE90 ms)分别获取横断位 T1WI、T2WI 及矢状位 T2WI 图像, TIRM 序列(TR8810 ms /TE104 ms)获取横断位自由水抑制图像,必要时增加冠状位扫描;增强扫描对比剂使用 Gd-DTPA,用量为 0.1mmol/kg,采用 T1WI 脂肪抑制序列(TR339ms/TE11ms)扫描分别获取横断位、矢状位及冠状位图像。

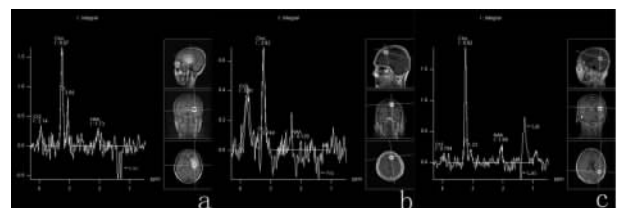
¹H-MRS 检查采用点波谱分析法(point resolved spectroscopy)采集序列为 SVS-se 序列(TR1500 ms/TE135 ms),采集时间 4 min 54 s,平均次数 192;选取病灶感兴趣区(regions of interest ,ROI)作为采集点,并尽量选取病灶对侧相应部位正常脑组织作为参照区。常规 MR 横断位、矢状位及冠状位上进行交叉定位。感兴趣区以肿瘤实质区为中心,尽量避免坏死、囊变区及邻近脑脊液、颅骨、皮下脂肪及含气窦腔等组织结构;感兴趣区大小为 15 mm × 15 mm × 15 mm ~ 20 mm × 20 mm × 20 mm;自动匀场、水抑制后开始扫描,扫描结束后,手工设定检测物指标,机器自带软件自动识别和计算各代谢产物的峰值。

1.3 统计学方法 各肿瘤间比较采用单因素方差分析, P < 0.05 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 常规 MRI 表现 18 例胶质瘤中,8 例为 I ~ II 级胶质瘤,10 例为 III ~ IV 级胶质瘤,高级别胶质瘤平扫多表现为稍长 T1、稍长/长 T2 信号,增强扫描为花环状或不规则形强化,瘤周伴不同程度水肿信号。12 例转移瘤中,2 例为单发,其余 10 例均为多发(病灶数目 ≥ 3),平扫呈等/稍长 T1、长 T2 信号,增强扫描呈花环状或结节样强化,其中 3 例瘤周出现大片状水肿信号。脑膜瘤 13 例,平扫表现为等/稍长 T1、等/稍长 T2 信号,增强扫描明显或中等度强化,其中 3 例肿瘤周围水肿明显(2 例位于大脑纵裂池旁,1 例位于外侧裂池旁)。

2.2 ¹H-MRS 表现 各肿瘤实质区 NAA 峰明显降低或缺失,Cho 峰明显升高。胶质瘤表现为 NAA 峰显著下降,Cr 峰轻度或中等度下降,Cho 峰明显升高,而且肿瘤级别越高,即恶性程度越大,Cho 峰值越高,NAA 峰值越低,其中 2 例可见 Lip 峰,2 例可见 Lac 峰,Lac 峰表现为倒置双峰(图 1a)。脑膜瘤表现为 Cho 峰明显升高,Cr 峰极低,有 5 例表现为 NAA 峰缺失,其余 8 例均表现为 NAA 峰极低,3 例可见 Ala 峰,1 例出现 Lip 峰(图 1b)。转移瘤表现为 Cho 峰明显升高,Cr 峰极低或缺失,NAA 峰极低,4 例可见 Lip 峰,3 例可见 Lac 峰(图 1c)。



a. MRS 表现: Cho 峰明显升高,NAA 峰显著下降,Cr 峰中等度下降,可见 Lac 峰(倒置双峰)。b. MRS 表现: Cho 峰显著升高,Cr 峰极低,NAA 峰极低、几乎缺失,可见 Ala 峰。c. MRS 表现: Cho 峰显著升高,Cr 峰显著降低,NAA 峰显著降低,可见 Lip 峰及 Lac 峰。

图 1 不同肿瘤的¹H-MRS 表现

2.3 不同类型脑肿瘤及参照区代谢物比值比较 见表 1。由表 1 可见,与参照区比较,各肿瘤实质区 NAA/Cho、NAA/Cr 比值明显降低,Cho/Cr 比值明显升高,且差异具有统计学意义(P < 0.05)。脑膜瘤组 NAA/Cr、NAA/Cho 明显低于胶质瘤、转移瘤,差异具有统计学意义(P < 0.05)。低级别胶质瘤较高级别胶质瘤 NAA/Cr、NAA/Cho 高,Cho/Cr 低,且 Cho/Cr 比值存在显著性差异(P < 0.05)。高级别胶质瘤较转移瘤 NAA/Cho 高,NAA/Cr、Cho/Cr 低,且 Cho/Cr 有统计学差异(P < 0.05)。

表1 各类型脑肿瘤实质区及参照区代谢物比值($\bar{x} \pm s$)

组别	NAA/ Cho	Cho/Cr	NAA/Cr
高级别胶质瘤	0.26 ± 0.05	3.37 ± 0.41	0.89 ± 0.19
低级别胶质瘤	0.45 ± 0.08	2.20 ± 0.21	0.94 ± 0.10
脑膜瘤	0.06 ± 0.04	5.63 ± 3.44	0.26 ± 0.25
转移瘤	0.14 ± 0.12	8.51 ± 5.05	0.91 ± 0.79
参照区	1.21 ± 0.08	1.30 ± 0.07	1.58 ± 0.12
F 值	267.655	10.313	15.427
P 值	0.000	0.000	0.000

3 讨论

目前, 颅脑肿瘤的诊断与鉴别主要依靠 MRI 常规及功能成像, 如 DWI、PWI、DTI 等, 但都不能提供肿瘤的代谢信息。¹H-MRS 技术是目前唯一可以无创检查活体内脑肿瘤代谢信息的方法, 这是任何体外实验都无可比拟的优势^[2]。常见颅脑肿瘤的代谢产物有 NAA、Cho、Cr、Lac、Lip、Ala、Glx(谷氨酰胺及谷氨酸复合物)等。NAA 峰位于 2.02 ppm 处, 是神经元的标志物, 脑肿瘤等病理状态下, NAA 值降低, 其峰值降低程度与正常神经元破坏的程度呈正相关^[3]。脑膜瘤、转移瘤由于瘤内不含神经元, 理论上 MRS 中 NAA 峰应该缺失。实际上, 脑膜瘤、转移瘤 MRS 中常可见到较低 NAA 峰, 原因可能是肿瘤对正常脑组织侵犯, 或肿瘤边缘体素容积效应所致^[4]。Cho 峰位于 3.22 ppm 处, 是反映髓鞘形成、细胞代谢和胶质增生的指标。研究表明^[5], 肿瘤实质区 Cho/Cr 与肿瘤级别呈正相关。Cr 峰位于 3.02 ppm 处, 主要由 Cr 和 pCr(磷酸肌酸)组成, 在同一个体内不同代谢情况下总量较恒定, 可将 Cr 峰作为参照物, 得到其他代谢产物与 Cr 的相对比值, 从而进行比较。Lip 峰位于 0.9 ~ 1.5 ppm 处, 主要指游离脂肪, 常见于肿瘤坏死、脂质析出。Lip 峰可作为较有意义的鉴别良恶性肿瘤的指标, 对于未治疗的肿瘤若波谱曲线中出现 Lip 峰高度提示恶性肿瘤^[6]。Lac 峰位于 1.33 ppm 处, 是无氧糖酵解的产物, 见于脑缺血缺氧等病理状态。Lac 峰有时与 Lip 峰重叠, 可采用改变 TE 的方法加以区别, 在 TE = 136 ms 的¹H-MRS 上, Lac 波峰向下, 在 TE = 272 ms 的¹H-MRS 上, Lac 波峰向上^[7]; 本研究中 MRS 序列采用 TE 为 135 ms。Ala 峰位于 1.48 ppm, Glx 峰位于 2.2 ~ 2.4 ppm 及 3.6 ~ 3.8 ppm 处, 二者增高被认为是脑膜瘤的特征表现^[7]。Jaskolski 等^[4]认为, Ala 峰常出现在脑膜瘤波谱图像中, 但不是所有脑膜瘤波谱图像中均出现, Ala 峰可作为脑膜瘤的特征性标志。

本研究病例中, 胶质瘤 MRS 典型表现为 Cho 峰明显升高, NAA 峰显著下降, Cr 峰轻度下降或无明

显变化, 并可出现 Lac 和 Lip 峰。随着胶质瘤恶性程度的增加, Cho 峰呈上升趋势, NAA 峰呈下降趋势, 高级别胶质瘤 Cho 峰值明显高于低级别胶质瘤, NAA 峰值明显低于低级别胶质瘤, 说明高级别胶质瘤肿瘤细胞增殖更活跃, 正常神经元破坏更严重。低级别胶质瘤较高级别胶质瘤 NAA/Cr、NAA/Cho 高, Cho/Cr 低, Cho/Cr 比值存在显著性差异($P < 0.05$)。提示 MRS 有助于胶质瘤分级, 其中 Cho/Cr 比值反映肿瘤级别较稳定, 与苗红等^[8]的研究相一致。脑膜瘤 NAA/Cr、NAA/Cho 明显低于胶质瘤、转移瘤, 差异具有统计学意义($P < 0.05$)。另本组病例中有 3 例脑膜瘤周水肿显著(其中 2 例位于大脑纵裂旁, 1 例位于外侧裂池旁), 常规 MR 表现与胶质瘤、转移瘤极为相似, 难以做出诊断。行¹H-MRS 检查后, 其中 2 例病例可见特征性 Ala 峰, 起到了重要鉴别诊断作用, 也表明 Ala 峰可作为常规 MR 表现不典型脑膜瘤与颅内其他肿瘤鉴别的指标。10 例高级别胶质瘤中 2 例出现 Lip 峰, 2 例出现 Lac 峰; 12 例转移瘤中 4 例出现 Lip 峰, 3 例出现 Lac 峰; 脑膜瘤组 1 例出现 Lip 峰。转移瘤 Lac 和 Lip 峰出现频率较高, 这与肿瘤的细胞增殖和有丝分裂增加导致细胞膜代谢异常增高、能量耗竭及无氧糖酵解有关; 同时提示 Lip 峰与肿瘤的恶性程度、坏死相关, 即肿瘤的恶性程度越高, 坏死越多, 出现 Lip 峰的几率越大。牛磊等^[9]认为高级别胶质瘤较转移瘤实质区 NAA/Cho 低、Cho/Cr 高, 本文显示高级别胶质瘤较转移瘤实质区 NAA/Cho 高、Cho/Cr 低, 分析原因, 与转移瘤不含神经元, NAA 峰更低或缺失、Cr 峰明显下降, 而胶质瘤 Cr 峰仅轻度下降有关。MRS 还可鉴别胶质瘤复发与放射性脑坏死^[10]。在常规 MR 图像上, 两者影像表现大多相似, 但是 MRS 表现存在很大差异。胶质瘤复发通常表现为 Cho 峰明显上升, NAA、Cr 峰下降或消失, 可见 Lac 及 Lip 峰, 放射性脑坏死表现为 Cho、NAA 和 Cr 峰均较低, 可出现 Lip 峰, 无 Lac 峰。

另有研究^[11-12]表明, 高级别胶质瘤与转移瘤周水肿 MRS 表现可作为胶质瘤与转移瘤的重要鉴别诊断依据。由于胶质瘤为侵袭性生长肿瘤, 瘤周水肿区可出现异常波谱, 而转移瘤有清楚的边界, 瘤周水肿区不出现异常波谱。所以肿瘤周围水肿区 MRS 表现可作为高级别胶质瘤与转移瘤的鉴别指标。本研究主要研究肿瘤实质区代谢物含量的变化, 未对瘤周水肿作重点研究。综上所述, ¹H-MRS 可以提供颅内不同肿瘤的代谢信息, 对脑膜瘤、胶质瘤及转移瘤能够有效地做出诊断与鉴别诊断, MRS

并能为胶质瘤的分级提供可靠依据,具有一定的临床应用价值。

【参考文献】

[1] 娄晓宇,刘刚,宋跃峰,等. MRI 和¹H-MRS 在脑胶质瘤诊断中的价值[J]. 中国当代医药, 2012, 19(14): 95 - 96, 98.

[2] 傅常宇,刘耀华,杨宏宽,等. 磁共振波谱技术在胶质瘤代谢研究中的应用进展[J]. 中华神经外科疾病研究杂志, 2014, 13(2): 190 - 192.

[3] SIBTAIN NA, HOWE FA, SAUNDERS DE *et al.* The clinical value of proton magnetic resonance spectroscopy in adult brain tumors [J]. *Clinical Imaging* 2007, 31(4): 295 - 295.

[4] JASKOLSKI D J, FORTUNIAK J, STEFANCZYK L *et al.* Differential diagnosis of intracranial meningiomas based on magnetic resonance spectroscopy [J]. *Neurologia i neurochirurgia polska* 2013, 47(3): 247 - 255.

[5] 姜亮,刘文,肖朝勇,等. 探讨¹H-MRS 定量分析在脑实质区胶质瘤分级中的诊断价值[J]. 磁共振成像, 2015, 6(1): 15 - 20.

[6] 王雁冰,徐锐,张通.¹H-MRS 在高级别脑胶质瘤与脑转移瘤鉴

别诊断中的应用[J]. 中国临床实用医学, 2010, 4(10): 32 - 34.

[7] CASTILLO M, KWOCK L, MUKHERJI SK. Clinical applications of proton MR spectroscopy [J]. *American Journal of Neuroradiology*, 1996, 17(1): 1 - 15.

[8] 苗红,刘文源,宋福林. 脑星形细胞瘤磁共振波谱与肿瘤细胞的 Ki-67、bcl-2 相关性研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2011, 22(6): 389 - 393.

[9] 牛磊,朱蒙蒙,王明皓,等.¹H-MRS 在颅内常见肿瘤中的临床应用[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2014, 13(2): 32 - 36.

[10] 董海波,戴嘉中,蔡佩武,等.¹H 磁共振波谱在胶质瘤放疗后复发和放射性脑坏死鉴别中的初步应用[J]. 中华放射学杂志, 2001, 35(6): 439 - 441.

[11] 王国华,范海芸,宋修峰,等.^{3.0 T}¹H-MRS 在脑内高级别星形细胞瘤及单发转移瘤鉴别诊断中的价值[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2014, 12(5): 460 - 462, 444.

[12] 于柯,刘强,郝利纬,等.¹H-MRS 和 DWI 在胶质母细胞瘤与单发转移瘤中的鉴别诊断价值[J]. 医学影像学杂志, 2014, 24(7): 1085 - 1088.

(上接第 166 页)

的了解就非常必要,张晓琴等^[7]报道动脉瘤的发生率为 15.22%。开窗畸形合并的动脉瘤可能与血流动力学改变有一定的相关性^[8],可发生于开窗动脉或远离开窗动脉。本组 1 例开窗血管畸形合并 2 枚动脉瘤。开窗畸形因血管分支增多及管径大小与走行变化而失去了正常解剖学表现,如行动脉瘤介入治疗会因开窗存在而增加难度;特殊部位如椎动脉开窗畸形,在上段颈椎或头颈联合区域手术时易误伤开窗血管而造成并发症,充分利用 CTA 能同时清晰显示开窗血管、骨骼及其相互间关系的优势^[13],并可提高神经介入及相应区域手术的成功率,减少甚至避免并发症的发生。

综上所述,多层螺旋 CTA 能无创诊断颅内动脉开窗畸形并可全面显示开窗畸形的位、大小、形态及其并发症,对经血管颅内动脉介入及头颈部手术治疗方案的制定具有一定的指导作用,因此及早发现、准确诊断颅内动脉开窗畸形在临床工作中具有一定的意义。

【参考文献】

[1] 王学廷,冯丽,潘为领,等. 256 层 CTA 诊断头颈部动脉开窗畸形[J]. 医学影像学杂志, 2013, 23(4): 493 - 495.

[2] 张丽萍,唐秉航,李良才,等. CT 血管成像诊断颅内动脉成窗变异与血管异常[J]. 中国脑血管病杂志, 2014, 11(10): 531 - 534.

[3] 齐晨晖,赵庆,王红梅. 多层螺旋 CT 血管造影对颅内动脉瘤诊断价值的 Meta 分析[J]. 中国医学影像学杂志, 2012, 20(12): 948 - 952.

[4] 张沥,王寅中,雷军强. CT 血管成像与 MR 血管成像对颅内动脉瘤诊断价值的 Meta 分析[J]. 中国脑血管病杂志, 2012, 9(9): 466 - 471.

[5] 周文胜,邵晓彤,林博丽,等. CT 血管成像诊断颅内动脉开窗畸形合并静脉畸形[J]. 中国医学影像学杂志, 2014, 22(12): 895 - 898.

[6] 常城,李文彬,李明华,等.^{3.0T} MRA 对头颈部动脉开窗畸形的诊断价值[J]. 临床放射学杂志, 2009, 28(1): 29 - 32.

[7] 张晓琴,刘瑞,张飞飞,等. CTA 诊断头颈部动脉开窗畸形[J]. 中国医学影像技术, 2013, 29(5): 718 - 721.

[8] 杭晓杰,程鸣,杨亚旭,等. 颅内动脉开窗畸形伴脑动脉瘤的 MRA 诊断价值[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2013, 19(4): 355 - 358.

[9] 孙晓劫,程敬亮,金焱,等. CTA 对颅内动脉开窗畸形的诊断价值[J]. 临床放射学杂志, 2010, 29(6): 738 - 741.

[10] 赵兵,杨华,刘健,等. 大脑前交通动脉成窗现象的解剖学特征及其临床意义[J]. 中国脑血管病杂志, 2007, 4(4): 168 - 171.

[11] VAN ROOIJ SBT, VAN ROOIJ WJ, SLUZEWSKI M *et al.* Fenestrations of Intracranial Arteries Detected with 3D Rotational Angiography [J]. *AJNR*, 2009, 30(7): 1347 - 1350.

[12] 陈协辉,谭琦轩,李扬彬,等. 前交通动脉成窗变异的 CT 血管成像诊断及其临床意义[J]. 实用放射学杂志, 2012, 28(9): 1323 - 1325.

[13] 辛勇通,黄良彬,冯秋红. 64 层螺旋 CTA 在后循环缺血病因诊断中的应用[J]. 实用医学杂志, 2011, 27(18): 3374 - 3376.