

论 著

脑肿瘤应用磁共振弥散联合波谱分析技术诊断的临床价值

福建医科大学附属第二医院CT/MR室 (福建 泉州 362000)

吴 宏 赖清泉 李伟程
黄文瀚 刘文熙

【摘要】目的 探讨磁共振弥散加权成像(DWI)联合波谱分析技术(MRS)应用于临床诊断脑肿瘤的价值。**方法** 回顾性分析资料完整经手术及组织病理学确诊为脑肿瘤的78例患者临床和影像资料。所有患者均行磁共振扫描检查,并予弥散加权成像及波谱分析。比较不同脑肿瘤及其对侧正常区域脑组织的ADC值,记录不同肿瘤代谢物变化情况。**结果** 脑膜瘤平均ADC值明显高于对侧正常区域脑组织ADC值,差异有统计学意义($t=7.96, P<0.05$);脑转移瘤平均ADC值高于对侧正常区域脑组织ADC值,差异有统计学意义($t=4.94, P<0.05$);星形细胞瘤平均ADC值为高于对侧正常区域脑组织ADC值,差异有统计学意义($t=9.09, P<0.05$)。脑膜瘤、脑转移瘤和星形细胞瘤之间ADC值方差分析无统计学意义($P>0.05$)。I-II级星形细胞瘤与III-IV级星形细胞瘤ADC值差异有统计学意义($t=7.18, P<0.05$),与对照侧正常组织差异有统计学意义($P<0.05$)。脑转移瘤、脑膜瘤及星形细胞瘤NAA水平明显低于正常脑组织NAA水平,差异有统计学意义($P<0.05$);星形细胞瘤NAA/Cho和NAA/Cr值明显高于脑转移瘤、脑膜瘤,差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 磁共振弥散成像对脑肿瘤诊断和鉴别诊断有一定价值,ADC值本身并不能很好鉴别实性肿瘤,联合应用波谱分析技术,并结合常规磁共振检查可对常见脑肿瘤进行定性分析和恶性程度分级,为临床诊断和治疗方案制定提供参考依据。

【关键词】 脑肿瘤; 磁共振弥散加权成像; 波谱分析技术; 诊断

【中图分类号】 R739.41

【文献标识码】 A

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2018.01.008

通讯作者: 吴 宏

Clinical Value of Magnetic Resonance Diffusion Spectroscopy in the Diagnosis of Brain Tumors

WU Hong, LAI Qing-quan, LI Wei-cheng, et al., CT/MR Room, Second Affiliated Hospital of Fujian Medical College of Fujian city, Quanzhou 362000, Fujian Province, China

[Abstract] Objective To investigate the value of diffusion weighted imaging (DWI) and spectral analysis (MRS) in the diagnosis of brain tumors. **Methods** He clinical and imaging data of 78 patients with brain tumors confirmed by surgery and histopathology were analyzed retrospectively. All patients underwent magnetic resonance imaging, and diffusion weighted imaging and spectral analysis were performed. The ADC values of different brain tumors and their contralateral normal brain tissues were compared, and the changes of metabolites in different tumors were recorded. **Results** The average ADC value of meningioma was significantly higher than that of the normal side of regional brain tissue ADC, the difference was statistically significant ($t=7.96, P<0.05$), the average value of ADC for brain metastases higher than the contralateral normal brain region ADC, the difference was statistically significant ($t=4.94, P<0.05$), the average ADC value of astrocytomas higher than the contralateral normal area of brain tissue ADC, the difference was statistically significant ($t=9.09, P<0.05$). There was no significant difference in ADC value analysis between meningioma, brain metastasis and astrocytoma ($P>0.05$). There was significant difference in ADC value between I-II astrocytoma and III-IV astrocytoma ($t=7.18, P<0.05$), and the difference was statistically significant ($P<0.05$). Brain metastasis, meningioma and astrocytoma NAA levels were significantly lower than the level of NAA in normal brain tissues, the difference was statistically significant ($P<0.05$). NAA/Cho and NAA/Cr in astrocytomas was significantly higher than that of brain metastatic tumors and meningiomas, the difference was statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** Magnetic resonance imaging of the brain tumor diagnosis and differential diagnosis of a certain value, the value of ADC itself is not a good identification of solid tumors, the combined application of spectrum analysis technology, combining with conventional MRI can classify the qualitative analysis and the degree of common malignant brain tumors, and provide reference for clinical diagnosis and treatment plan.

[Key words] Brain Tumor; Magnetic Resonance Diffusion Weighted Imaging; Spectroscopic Analysis; Diagnosis

一般认为和其他影像检查方法比较,磁共振成像是评价脑肿瘤的首选方法,其敏感性体现在发现病变和肿瘤,显示病变特征性的信号强度变化,在脑肿瘤定位、定性方面提供一些参考信息。但患者的预后与肿瘤良恶性存在紧密联系,因此准确判断良恶性、原发或转移、病理类型及恶性程度分级都对临床治疗及预后判断有十分重要的指导价值^[1]。磁共振弥散加权成像可探测组织的微观结构,反映出组织中水分子转移、跨膜等交换功能的微观运动,在脑部检查中独具优势,已成为脑缺血、脑梗死早期诊断的常规检查序列,近年来逐渐运用于脑肿瘤的临床功能开发,虽然有一定的诊断应用价值,但并未达到人们的预期,在肿瘤鉴别和浸润中仍存在较多争议,认为评价肿瘤范围并没有太大确凿优势,对浸润性肿瘤边界的确定存在较大困难^[2]。在磁共振常规扫描的基础上联合应用弥散功能成像和波谱分析技术,能提供更多更有价值的诊断信息,弥补了常规磁共振检查的不足。质子波谱通过测定人体脑内感兴趣区的部分代谢产物浓度,如NAA、Cho、

Cr及lac、lip等,分析该类代谢产物的波谱参数,可以无创地评估组织活体代谢情况,提供病变组织生理及病理信息,为临床诊疗提供指导^[3]。本文对最常见三种脑肿瘤的弥散成像、ADC值进行分析,并联合波谱检测技术,探讨在脑肿瘤诊断中的临床应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析医院2014年2月~2016年10月资料完整的78例的经手术和病理检查证实的脑部肿瘤患者,其中男性45例,女性33例;年龄24~75岁,平均为 56.8 ± 3.2 岁;肿瘤类型:脑转移瘤31例、脑膜瘤18例、星形细胞瘤29例(I级5例、II级7例、III级10例、IV级7例);入选患者一般情况良好,排除语言障碍、过敏体质、病情危重、合并其他恶性肿瘤、精神疾病等。

1.2 方法 仪器:采用美国GE公司Signa 1.5T超导磁共振扫描仪,最大梯度场33.3mT/m,梯度切换率120T/m/s。选取正交头颅线圈,患者仰卧,头颅固定于线圈内。先行常规MR扫描检查,然后再进行磁共振弥散加权成像与质子波谱分析。SE序列:T1WI:TR=500ms,TE=15ms;FSE序列:T2WI:TR=3800ms,TE=103.5ms;FOV=20cm;矩阵为 256×256 ;层厚为5mm,层间距1mm。EPI-SE序列DWI横轴位:TR=5000 ms,TE=91.3ms,层厚为5mm,层间距1mm。FOV为20cm,矩阵为 256×256 ,弥散系数b选取0和1000s/mm²,表观弥散系数ADC值计算公式为 $ADC = \ln(SI_1/SI_2) / (bI_1 - bI_2)$,SI₁、SI₂分别代表b=0s/mm²、b=1000s/mm²时相同部位组织的信号强度值。增强

扫描:用MR专用高压注射器注射钆贡酸甲胺(Gd-DTPA)0.1mg/kg体重,注射速度2.0ml/s。氢质子波谱分析:均在平扫后增强扫描前检查,采用点分辨表面线圈波谱分析法(point resolved selective spectroscopy, PRESS),序列前施加化学位移选择激励法(chemical shift selective excitation, CHESS)来采集信号;单体数波谱检查:TR=1500ms,TE=32ms,体素大小为2cm×2cm×2cm,体素置于瘤体实性部分,选取对侧相应区域正常组织作为对照。多体数波谱检查:TR=1500ms,TE=135ms,体素大小1cm×1cm×1cm。范围包括瘤体实性部分及周边正常组织。检测肿瘤实质区和对照区域(或肿瘤周边正常组织)常规代谢物N-乙酰天门冬氨酸(NAA)和含胆碱化合物(Cho)及肌酸(Cr)浓度。

1.3 观察指标 比较不同脑肿瘤及其对侧正常区域脑组织的ADC值,记录不同肿瘤代谢物变化情况。

1.4 统计学方法 本文研究数据采用SPSS16.0软件处理,ADC值、NAA、Cr、NAA/Cr、NAA/Cho、Cho/Cr等计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,多组间比较采用方差分析(ANOVA),组间采用两样本比较的LSD法,计数资料采用百分率表示,采用 χ^2 检验,P<0.05表示具有统计学意义。

2 结果

2.1 不同脑肿瘤与其对侧正常组织ADC值比较

脑膜瘤平均ADC值为 $(13.22 \pm 3.02) \times 10^{-4}$ mm²/s,高于对侧区域正常脑组织ADC值 $(9.18 \pm 1.87) \times 10^{-4}$ mm²/s,差异有统计学意义(t=7.96, P<0.05);脑转移瘤平均ADC值

为 $(12.11 \pm 2.86) \times 10^{-4}$ mm²/s,高于对侧区域正常脑组织ADC值 $(9.28 \pm 1.81) \times 10^{-4}$ mm²/s,差异有统计学意义(t=4.94, P<0.05);星形细胞瘤平均ADC值为 $(13.81 \pm 3.10) \times 10^{-4}$ mm²/s,高于对侧区域正常脑组织ADC值 $(9.46 \pm 1.79) \times 10^{-4}$ mm²/s,差异有统计学意义(t=9.09, P<0.05)。脑膜瘤、脑转移瘤和星形细胞瘤之间ADC值方差分析无统计学意义(P>0.05)(见表1)。I~II级星形细胞瘤实质区ADC值 $(15.32 \pm 3.17) \times 10^{-4}$ mm²/s与III~IV级星形细胞瘤实质区ADC值 $(11.28 \pm 1.69) \times 10^{-4}$ mm²/s高,两者ADC值比较有显著差异(P<0.05),与对照侧正常组织差异有统计学意义(P<0.05)(见表2)。

2.2 脑肿瘤患者代谢状况比较

脑转移瘤、脑膜瘤及星形细胞瘤NAA明显低于正常脑组织NAA水平,有统计学差异P<0.05;星形细胞瘤NAA/Cho和NAA/Cr值明显高于脑转移瘤、脑膜瘤,有统计学差异P<0.05,脑膜瘤Cho/Cr高于星形细胞瘤、转移瘤,存在统计学差异(P<0.05)高级别星形细胞瘤实质区NAA/Cho、NAA/Cr比值低于低级别星形细胞瘤,差异有统计学意义P<0.05,脑转移瘤患者中7例Lac/Lip峰;脑膜瘤中1例Lip/Lac峰、3例Ala峰;星形细胞瘤中7例Lac/Lip峰。见表3。见图1-9。

3 讨论

脑肿瘤是比较常见的神经系统疾病,病因不明且来源广泛,约占位全身肿瘤的1.8%^[4]。肿瘤的检出和诊断主要依赖于CT和磁共振检查,早期发现和准确的定位定性诊断对制定诊疗方案及预

表1 不同脑肿瘤与其对侧正常组织ADC值比较($\bar{x} \pm s$, $\times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$)

ADC值	脑膜瘤 (18例)	脑转移瘤 (31例)	星形细胞瘤 (29例)
脑肿瘤	13.22 \pm 3.02	12.11 \pm 2.86	13.81 \pm 3.10
对侧正常脑组织	9.18 \pm 1.87	9.28 \pm 1.81	9.46 \pm 1.79
t	7.96	4.94	9.09

表2 不同级别间星形细胞瘤与对侧正常脑组织ADC值比较($\bar{x} \pm s$, $\times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$)

星形细胞瘤	n	ADC值	对侧ADC值	t	P
I-II级	12	15.32 \pm 3.17	9.23 \pm 0.56	7.817	0.000
III-IV级	17	11.28 \pm 1.69	8.68 \pm 0.41	6.31	0.000

表3 脑肿瘤患者代谢状况比较

脑肿瘤	n	NAA/Cho	NAI/Cr	Cho/Cr	Lac/Lip	Ala
I、II级星形细胞瘤	12	0.53 \pm 0.38	1.07 \pm 0.19	2.06 \pm 0.07	2	0
III、IV级星形细胞瘤	17	0.38 \pm 0.14	0.82 \pm 0.20	2.39 \pm 0.37	5	0
脑膜瘤	18	0.24 \pm 0.02	0.07 \pm 0.15	3.97 \pm 0.92	1	3
脑转移瘤	31	0.13 \pm 0.02	0.05 \pm 0.28	2.81 \pm 0.87	7	0
正常组织	78	2.41 \pm 0.31	2.18 \pm 0.62	0.93 \pm 0.15	0	0

后评估有较大参考。磁共振功能成像技术的进展,把单纯的形态学诊断发展到代谢和功能水平,拓展了临床诊断思维,近些年来弥散加权成像(DWI)和波谱成像(MRS)较多地应用于临床,在中枢神经系统的诊断与鉴别诊断中提供了重要的信息,特别在脑肿瘤的诊断检查中有较大的优势。本文在常规扫描的基础上联合应用弥散成像、 ^1H 波谱分析技术,并结合有关文献分析探讨对脑肿瘤的诊断价值。

3.1 磁共振弥散加权成像(DWI)在脑肿瘤诊断中的作用

分子间的无规律随机运动过程也称热运动或布朗运动,这种不断随机改变运动方向和位置的现象就是扩散现象,任何分子都存在扩散运动,是物质转运的重要方式。磁共振弥散成像(DWI)是以水分子中的质子作为成像对象,是唯一能够反映活体组织内水分子扩散运动的成像技术,通过检测水分子运动受限的方向和程度来显示水分子的活动自由度,可较好的反映组织微观结构变化及体内组织结构特点^[5]。影响组

织DWI信号的因素较多,除细胞膜、大分子蛋白及细胞间隙大小之外,磁共振的T2穿透效应也会对信号强度造成影响。DWI检测时,随着b值的增加,弥散权重会不断加大,正常与病变组织间的对比度会明显增加,使得DWI敏感性增加,同时减少了磁共振的T2穿透效应,但太高的b值会降低图像信噪比,因此不同组织器官的b值选择会存在一定差异。人体脑组织的b值一般选取 $1000 \text{s}/\text{mm}^2$ ^[6],即可基本消除T2穿透效应,血流灌注的影响也较小,使得DWI图像能与ADC值的变化情况相匹配,反映组织真正的弥散状况。本组中脑膜瘤病灶平均ADC值 $(13.22 \pm 3.02) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$,脑转移瘤病灶平均ADC值 $(12.11 \pm 2.86) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$,星形细胞瘤病灶平均ADC值 $(13.81 \pm 3.10) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$,均高于对侧区域正常脑组织,病灶与对照侧的ADC值差异有显著性($P < 0.05$);脑膜瘤、脑转移瘤和星形细胞瘤之间的ADC值差异无显著性($P > 0.05$),与姜亮^[7]等人的报道相符合。说明单纯的磁共

振弥散成像(DWI和ADC值)在脑膜瘤、转移瘤及星形细胞瘤之间的鉴别诊断作用并不大,应结合磁共振常规扫描或其他检查手段。

脑部肿瘤患者的预后与肿瘤良恶性、原发或转移及恶性程度分级存在紧密联系,准确判断肿瘤性质和分级对临床预后判断及治疗方案选择有重要作用。常规磁共振检查主要依靠增强扫描来界定胶质瘤的级别,但许多低级别甚至高级别的胶质瘤有时强化并不明显,会造成术前级别判定不准确。许多研究指出胶质瘤的细胞密度及病理分级与ADC值有很大相关性,通常肿瘤恶性程度增高,组织细胞密度越高,同时肿瘤细胞异型性增高,核浆比例加大,导致水分子弥散受限程度增加,ADC值越低。本组病例中6例I~II级星形细胞瘤平均ADC值为 $(15.22 \pm 3.15) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$,10例III~IV级星形细胞瘤病灶平均ADC值为 $(11.81 \pm 2.93) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$,高级别星形细胞瘤ADC值明显低于低级别星形细胞瘤,差异有显著性($P < 0.01$);脑转移瘤病灶平均ADC值为 $(12.11 \pm 2.86) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$,与III~IV级星形细胞瘤平均ADC值 $(11.81 \pm 2.93) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$ 差异并无统计学意义($P > 0.05$)。与相关报道结果类似^[8]。Kono等^[9]研究发现,ADC值在良恶性脑膜瘤的鉴别上具有意义,提出低ADC值的倾向非典型性或间变性脑膜瘤,认为可能的原因是肿瘤细胞的核浆比例较大,细胞内蛋白含量较高,或由于肿瘤细胞含水少,细胞外间隙小,使得水分子弥散受限。本组没有恶性脑膜瘤病例。

肿瘤周围经常伴有水肿,以胶质瘤和转移瘤多见,有时脑膜瘤也可造成。水肿产生的机理并未得到准确阐述,多数认为是血

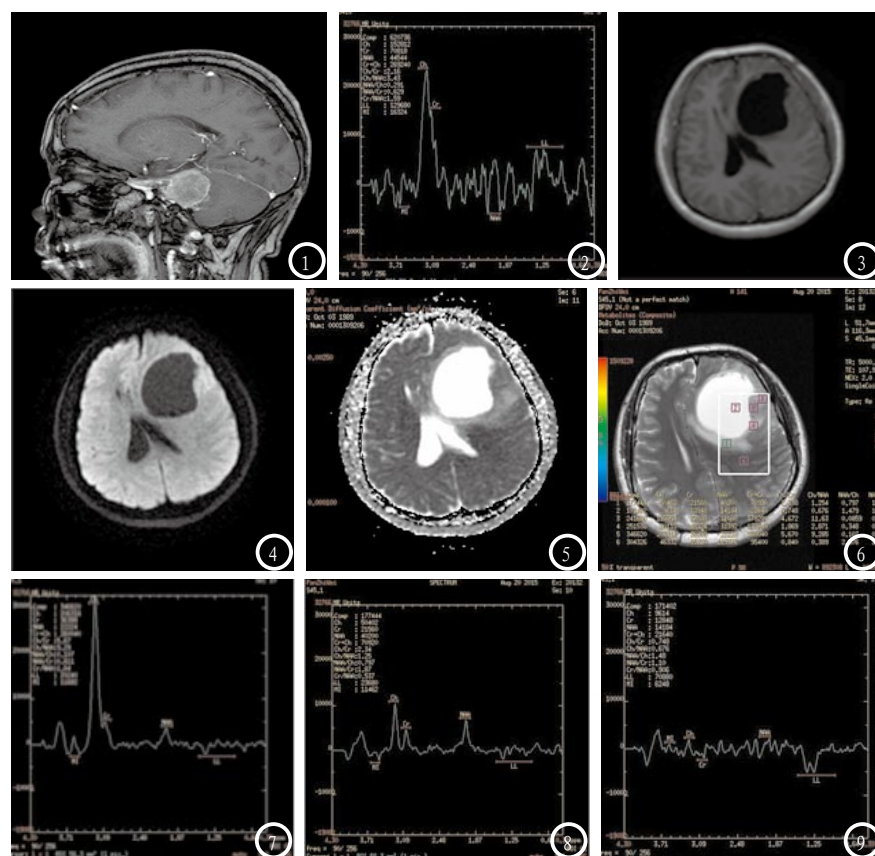


图1 左侧桥小脑角区脑膜瘤，明显强化。图2 波谱Cho峰上升，Cr峰降低，病灶中央未见明显NAA峰。图3 左侧额叶高级别星形细胞瘤（IV）。图4 肿瘤实质区DWI略高信号，囊变区呈低信号。图5 肿瘤实质区ADC图呈略低信号，囊变区明显高信号。图6 肿瘤实质区、水肿区和囊变区多体数波谱采集点。图7 肿瘤实质区Cho峰高耸，NAA峰明显降低、Cr峰降低。图8 肿瘤侧水肿区Cho升高，NAA峰降低。图9 囊变区未见Cho及NAA，可见倒置LL峰。

管源性水肿，也有认为合并有细胞毒性水肿。Kono等^[9]的脑肿瘤ADC值定量研究显示，肿瘤组织的ADC值高于正常脑组织，而肿瘤周围水肿区的ADC值要高于肿瘤实质，认为根本原因在于水肿组织内未受损的髓鞘使得水肿组织有较高的扩散方向异性，或由于T2值的延长抵消或部分抵消了肿瘤水肿区的扩散增加，使得DWI信号不明显，反而更加突显了肿瘤的信号。也有研究认为胶质瘤近侧瘤周组织的ADC较脑膜瘤及转移瘤低，尤以恶性胶质瘤为著，可能的原因是恶性胶质瘤更具侵袭性。在本文研究中有类似发现，由于弥散成像普遍采用EPI快速序列，空间分辨率和信噪比较低，容易产生多种伪影，并不能完全排除容积效应所致。此外弥散技术在星形细胞瘤及转移瘤的

坏死囊样变与脑脓肿的鉴别上也较为明确^[10]，脑脓肿脓液高度粘稠性，水分子弥散受限，在DWI上呈明显高信号，ADC图明显低信号，而脑肿瘤的囊变坏死含浆液性液体，信号明显不同，本文病例中的肿瘤坏死囊变区均表现为DWI低信号ADC高信号。DWI结合ADC值测定有助于提高脑肿瘤诊断准确性。

3.2 磁共振波谱成像(¹H-MRS)在脑肿瘤诊断中的作用

MRS是利用磁共振J-耦合现象和化学位移作用进行特定原子核及其化合物定量分析的方法。原子核所处的化学环境不同，共振频率会产生微小差异，这种差异就是MRS各频谱峰产生差别的基础。MRS是目前唯一能够无创伤性检测人体组织内化学物质、生化改变及代谢物信息分析的技术，可精准的反映

体内部分代谢产物浓度，有利于判断患者体内的组织代谢状况^[11-12]。临床上以¹H-MRS技术最为成熟，应用也最为广泛。¹H-MRS检测到的脑内代谢物主要包括N-乙酰天门冬氨酸(NAA)、肌酸复合物(Cr)、胆碱(Cho)、乳酸(Lac)和脂质(Lip)等，由于肿瘤与正常组织细胞成分不同，不同类型和分级的肿瘤代谢物MRS有所差别，使得¹H-MRS在脑肿瘤的组织学定性、分级及疗效监测等方面具有一定意义。

NAA主要存在于神经元内，是神经元的内标志物，是神经元功能状态的反应。星形细胞瘤生长过程中可侵犯神经元，破坏或替代神经元造成神经元缺失或功能下降，神经元数量和生存能力减少，使得NAA显著下降。脑膜瘤和转移瘤均非神经源性肿瘤，本身并没有神经元，也就没有相应的NAA，出现较低NAA峰可能与肿瘤累及正常脑组织或部分容积效应有关，本组病例中，脑转移瘤、脑膜瘤及星形细胞瘤患者NAA明显低于正常脑组织NAA水平，NAA/Cr、NAA/Cr降低，差异有统计学意义(P<.05)，星形细胞瘤与转移瘤、脑膜瘤间比较差异有显著性，说明¹H-MRS有助于脑肿瘤的诊断。如果NAA维持正常水平，肿瘤的可能性减低，但应排除良性星形细胞瘤以及因定位不当产生容积效应所造成的NAA假性增高。本组中低级别星形细胞瘤患者NAA/Cho和NAA/Cr值明显高于高级别星形细胞瘤、脑转移瘤及脑膜瘤，差异有统计学意义(P<0.05)，提示¹H-MRS在星形细胞瘤分级上有鉴别价值，与楼晓剑等报道相符^[13]。Cho是肿瘤评价的主要代谢物，与细胞数量和细胞膜转换率有关，反映的是肿瘤细胞的恶性增殖，Cho水平和Cho/Cr比率的增

高多提示肿瘤。磷酸肌酸和肌酸 (PCr/Cr) 是脑组织能量代谢的提示物, 反映着肿瘤细胞能量消耗的多少, 信号相对稳定, 其降低常提示能量的快速耗竭, 可作为肿瘤恶性程度的参考指标^[13]。此外, 一些特征波峰的出现对肿瘤的诊断也有参考意义, 丙氨酸峰的出现可提示脑膜瘤, 在高级别星形细胞瘤和脑转移瘤较多出现 Lac 峰和 Lip 峰, 本组共有 14 例出现 LL 峰, 在高级别星形细胞瘤中 4 例出现倒置双峰, 周正荣^[14]等报道转移瘤有较大概率出现较大 Lip 峰, 高耸的 LIP 应想到转移瘤, 但和高级别星形细胞瘤有重叠, 鉴别意义有限。

弥散成像和波谱成像原理不同, 观察和分析的侧重点相异, 在肿瘤判别、诊断及恶性程度分级有较大的协同作用。弥散成像对脑内三种常见肿瘤的鉴别诊断作用不大, 但波谱分析技术通过测量 Cho、Cr 及 NAA/Cho、Cho/Cr, 可排除脑外及非神经源性肿瘤, 一些特征波峰的出现也有助于肿瘤性质的判定; MRS 难以诊断良恶性脑膜瘤, 而低于正常脑组织的 ADC 值更倾向恶性; DWI 能直观有效地鉴别脑脓肿与肿瘤的囊变或坏死; 两者对恶性肿瘤的

分级诊断都有较为确定的指导意义。联合 MRS 和 DWI 对脑肿瘤诊断和鉴别诊断具有一定价值, 可以弥补常规 MR 检查的不足, 为临床医生诊断、治疗及预后判断提供重要信息。

参考文献

- [1] Rosen Y and Lenki RE. Recent Advances in Magnetic Resonance Neurospectroscopy [J]. Neurotherapeutics, 2007, 4 (3): 330-345.
- [2] 张鑫, 张冰, 李茗等. 多模式磁共振在脑胶质瘤放射性坏死与复发鉴别中的应用 [J]. 中国临床医学影像杂志, 2014, 25 (10): 685-690.
- [3] 池琦, 张国安, 中国强等. 氢质子 MRI 波谱成像鉴别老年脑内胶质瘤和炎性病变的影像学价值 [J]. 中国老年学杂志, 2015, 35 (9): 2499-2500.
- [4] Isobe T, Matsumura A, Anno I, et al. Quantification of cerebral metabolites in glioma patients with proton MR spectroscopy using T2 relaxation time correction [J]. Magn Reson Imaging, 2002, 20 (4): 343-349.
- [5] Doelken MT, Mennecke A, Stadlbauer A, et al. Multivoxel Magnetic Resonance Spectroscopy of Cerebral Metabolites in Healthy Adults at 3 Tesla [J]. Acad Radiol, 2009, 16 (12): 1493-1501.
- [6] 郭军, 孟郊, 韩彤等. 磁共振灌注加权成像对脑内脱髓鞘假瘤与星形

细胞瘤的鉴别诊断价值 [J]. 中国医学影像学杂志, 2014, 22 (7): 491-494, 498.

- [7] 姜亮, 殷信道. 磁共振功能成像在脑肿瘤诊断中的应用价值 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2015, 13 (1): 112-115.
- [8] 张天柱. 磁共振扩散加权成像在临床脑肿瘤中的应用分析 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2014, 12 (5): 34-36.
- [9] Kono K, Inoue Y, Nakayama K, et al. The role of diffusion-weighted imaging in patients with brain tumors [J]. AJNR, 2001, 22 (6): 1081-1088.
- [10] 饶德利, 邱晓明, 卢玢等. 磁共振弥散加权成像鉴别诊断脑脓肿与脑肿瘤坏死的临床研究 [J]. 中国实用神经疾病杂志, 2016, 19 (10): 17-18.
- [11] 刘波, 谢惠, 施武非等. 3.0 TMRI 氢质子波谱对 33 例脑额叶胶质瘤的诊断价值 [J]. 重庆医学, 2014, 43 (20): 2651-2653.
- [12] Doe ken MT, Mennecke A, Stadlbauer A, et al. Multivoxel Magnetic Resonance Spectroscopy of Cerebral Metabolites in Healthy Adults at 3 Tesla. Acad Radiol, 2009, 16 (12): 1493-1501.
- [13] 楼晓剑, 蒋定尧, 倪丽欣等. 脑星形细胞瘤 3T MRI 3D 多体素 1H-MRS 术前分级及病理对照研究 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2015, 13 (11): 16-20, 25.
- [14] 周正荣, 王玖华, 刘宜春等. 颅脑肿瘤质子磁共振波谱研究 [J]. 中国临床神经科学, 2002, 10 (1): 33-36.

(本文编辑: 唐润辉)

【收稿日期】2017-08-13

(上接第 24 页)

参考文献

- [1] Julow J, Balint K, Gortavai P, et al. Posterior fossa hemangioblastomas [J]. Acta Neurochir, 1994, 128: 109-114.
- [2] Tampieri D, Leblanc R, Terbrugge K. Preoperative embolization of brain and spinal hemangioblastomas [J]. Neurosurgery, 1993, 33 (3): 502-505.
- [3] 王忠诚. 王忠诚神经外科学 [M]. 2 版. 武汉: 湖北科学技术出版, 2005, 738-741.
- [4] Matsumoto K, Kammuki S. Hemangioblastoma and von Hippel-Lindau disease [J]. Nippon Rinsho, 1995, 53 (11): 2672-2677.
- [5] Bush ML, Pritchett C, Packer M, et al. Hemangioblastoma of the cerebellopontine angle [J]. Arch Otolaryngol Head Neck Surg, 2010, 136 (7): 734-738.

- [6] Wu P, Liang C, Wang Y, et al. Microsurgery in combination with endovascular embolisation in the treatment of solid haemangioblastoma in the dorsal medulla oblongata [J]. Clin Neurosurg, 2013, 115 (6): 651-657.

(本文编辑: 唐润辉)

【收稿日期】2017-07-26