

论 著

磁共振DWI联合MRS在
诊断脑肿瘤中的临床
价值

1.四川省第四人民医院放射科

(四川成都 610016)

2.四川省人民医院神经外科

(四川成都 610110)

王涛¹ 徐隽¹ 阳波¹李世军^{2,*}

【摘要】目的 探讨磁共振(MR)弥散加权成像(DWI)联合波谱分析技术(MRS)在诊断脑肿瘤中的临床价值。**方法** 选取我院在2013年8月至2018年7月间收治的126例确诊的脑肿瘤患者为研究对象,患者均行MRI平扫+增强扫描,并进行DWI及MRS分析,收集患者影像学资料及临床资料,分别计算患者患侧以及健侧的ADC值,并对NAA、Cho、Cr等在内的肿瘤代谢物值进行计算。**结果** 颅内脑外肿瘤中脑膜瘤患者平均ADC值明显高于对侧正常脑组织ADC值($P<0.05$)。脑内肿瘤中脑转移瘤患者平均ADC值明显高于对侧正常脑组织ADC值($P<0.05$);胶质瘤患者平均ADC值明显高于对侧正常脑组织ADC值($P<0.05$)。脑转移瘤、脑膜瘤、胶质瘤及星形细胞瘤NAA/Cr、NAA/Cho均明显低于正常脑组织NAA/Cr、NAA/Cho水平,而Cho/Cr高于正常脑组织Cho/Cr水平($P<0.05$);与脑转移瘤和脑膜瘤相比,星形细胞瘤NAA/Cho和NAA/Cr明显升高,而脑膜瘤的Cho/Cr高于星形细胞瘤、转移瘤($P<0.05$);胶质瘤的NAA/Cr、NAA/Cho水平均低于转移瘤且高于脑膜瘤($P<0.05$);对于脑转移患者,其中7例Lac峰以及11例LIP峰;对于脑膜瘤患者,其中3例Lac峰、8例Lac和3例Ala峰;对于星形细胞瘤患者,其中9例Lac峰、3例Lip峰;对于胶质瘤患者,其中2例Lip峰、6例Lac峰、1例Ala峰。**结论** 磁共振DWI联合MRS对于脑肿瘤患者的检查,不仅对脑肿瘤具有一定的诊断和鉴别诊断价值,且结合MRI常规检查可对肿瘤的类型进行定性分析,从而指导临床医生进行正确的判断和治疗,值得临床推广应用。

【关键词】 磁共振MRS技术; 磁共振DWI技术; 脑肿瘤; 诊断及临床价值

【中图分类号】 R445.2

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2021.06.007

Value Analysis of Combined Application
of Magnetic Resonance DWI and MRS
Technology in Differential Diagnosis of
Brain TumorsWANG Tao¹, XU Jun¹, YANG Bo¹, LI Shi-jun^{2,*}.

1.Department of Radiology, the Fourth People's Hospital of Sichuan Province, Chengdu 610016, Sichuan Province, China

2.Department of Neurosurgery, Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu 610110, Sichuan Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the value of combined application of magnetic resonance DWI and MRS technology in differential diagnosis of brain tumors. **Methods** Between August 2013 and July 2018, 126 patients diagnosed with brain tumors by surgery and pathological examination in our hospital were selected. Patients received the image examinations (MRI, DWI, MRS). The imaging and clinical data were collected; The AD values of the affected side and the contralateral side were calculated. NAA, Cho, Cr and other metabolite peaks were measured. **Results** The average ADC values of meningioma, brain metastases, astrocytoma and glioma patients were significantly higher than those of normal contralateral brain tissue ($P<0.05$); The levels of the NAA/Cr and NAA/Cho among five tissues in a descending order was normal tissue, astrocytoma tissue, metastases tissue, glioma tissue and meningioma tissue ($P<0.05$); While the levels of Cho/Cr among five tissues in an ascending order was normal tissue, astrocytoma tissue, metastases tissue, meningioma tissue ($P<0.05$); In brain metastases patients, Lac peak and Lip peak were found in 7 and 11 cases, respectively. There were 3, 8 and 3 cases of Lac peak, Lip peak and Ala peak in meningioma patients; There were 9 and 3 cases of Lac peak and Lip peak in astrocytoma patients; In glioma patients, Lac peak, Lip peak and Ala peak were found in 2, 6 and 1 cases, respectively. **Conclusion** The combined application of magnetic resonance DWI and MRS technology has a certain differential diagnosis value for brain tumors, which can classify and qualitatively analyze the malignant degree of tumors, and guide the judgment and treatment. It is worthy of promotion.

Keywords: Magnetic Resonance MRS; DWI; Brain Tumors; Diagnosis; Clinical Value

脑肿瘤是一种发生于颅内的肿瘤,包括原发性和继发性两种类型。脑肿瘤可发生于任何年龄,成人以大脑的脑胶质瘤、脑膜瘤、转移瘤多见。小儿则以小脑的星形细胞瘤、蝶鞍部的颅咽管瘤最为常见^[1-4]。对患者的临床症状进行分析并确定相应的治疗方式,有利于提高患者的预后。目前随着医疗技术的不断提高,影像学技术不断成熟,逐步成为检查及诊断脑肿瘤的第一步选择^[5-6]。脑肿瘤的影像学检查方法具有多样性,包括颅骨平片、脑血管造影、CT扫描检查、MRI成像扫描、神经核医学检查等^[7]。其中最为常用的是MRI扫描检查^[8],在对患者进行MRI扫描时,会对患者进行多角度的扫描,同时对患者进行器官以及其他方面的连续扫描,且无辐射,具有安全性及分辨率高等优点^[9]。磁共振MRS对于活体生物检查时,没有辐射,安全性高,不会影响生物本身,也是唯一无创的扫描技术,同时DWI成像速度较快,能反映水分子的布朗运动,据相关研究表明, DWI联合MRS扫描能有效提高检测的准确率^[10]。为研究磁共振DWI联合MRS对临床患者进行脑肿瘤检查的具体价值,本研究对我院收治的126例脑肿瘤患者进行临床分析以及资料分析,内容报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取我院在2013年8月至2018年7月间收治的126例具确诊的脑肿瘤患者为研究对象,其中男性患者74例(58.73%),女性患者52例(41.27%)。患者年龄为25~73岁,平均年龄为(51.85±6.04)岁;肿瘤具体包括:脑内肿瘤中,50例胶

【第一作者】 王涛,男,副主任医师,主要研究方向:放射影像诊断、放射介入治疗。E-mail: 382044576@qq.com

【通讯作者】 李世军,男,主任医师,主要研究方向:神经外科、颅脑损伤、颅脑肿瘤、高血压脑出血、三叉神经痛。E-mail: 1021465178@qq.com

质瘤(参照WHO 2000年分类标准进行分类, I~II级22例, III~IV级28例): 8例星形细胞瘤(I~II级5例、III~IV级3例), 25例脑转移瘤; 颅内脑外肿瘤中, 43例脑膜瘤。本研究通过申报并得到上级领导批准。

纳入标准: 临床资料真实且完整; 患者签署知情同意书。

排除标准: 合并其它部位恶性肿瘤者; (MRI检查禁忌症者; 患者及家属对于研究不同意者。

1.2 方法 对患者采用Siemens Verio 3.0T扫描仪, 使用正交头颅圈线, 使患者姿势为仰卧。对患者使用常规的MRI头颅扫描检查, 然后通过DWI与MRS进行分析。患者使用磁共振行DWI横轴位SE平面回波扫描, 扫描参数: TR/TE 2800ms/95ms, 视野20cm×20cm, 矩阵128×128, 层厚5mm, 无层间隔, b值选择0和1000s/mm²两个数值, 扫描时间33s, 将ADC图片通过部分软件技术进行合成。而ADC具体值则采用ADC的计算公式进行计算, $ADC = \ln(SI_1/SI_2) / (bI_1 - bI_2)$, SI₁代表b=0s/mm²、SI₂代表b=1000s/mm²时的同一部位同一组织的信号强度值。对患者进行MRI波谱检查, 同时采用点分辨表面线圈波谱分析法(PRESS)分析, 对具体信号的收集则需要采用化学位移选择激励法(CHES), TE/TR=135ms/1500ms, 体素大小为2cm×2cm×2cm, 共进行1次激发, 成像时间370s。波谱检查患者身体状况, 其主要检测为患者病灶实性部分以及周边或健侧正常组织, 并避免检测到患者肿瘤坏死以及其他附近部位的颅骨。同时完成对患者脑内其他代谢物的测量并记录, 这其中为N-乙酰天门冬氨酸(NAA)、含胆碱化合物(Cho)、肌酸(Cr)浓度。进行MRS检查时, 在根据患者自身情况安排加强度的扫描, 增强MRI扫描时使用高压注射器将以2.0mL/s的速度向患者体内注入钆喷替酸

葡甲胺(Gd-DTPA), 同时对患者持续注入15mL生理盐水, 完成全部注射后, 再对患者进行多项检测, 其中包括T₁WI横断面、矢状面和冠状面扫描。

1.3 观察指标 (1)将126例患者的DWI、MRS扫描图像以及具体数据进行整合并使经验丰富的医师进行诊断, 同时记录评估分析的结果。(2)测量患者脑肿瘤区以及健侧区脑组织的ADC值, 同时参照DWI、T₂WI以及病理检查, 记录患者的NAA、Cho、Cr等值的具体变化情况。

1.4 统计方法 采用SPSS 23.0进行统计分析, ADC值、肿瘤代谢物值等定量数据采用($\bar{x} \pm s$)描述, 采用t检验比较; 检验水准为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 不同脑肿瘤与其对侧正常组织ADC值比较 脑膜瘤患者的ADC平均值为 $(13.33 \pm 3.10) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$, 明显高于对侧正常脑组织ADC值 $(9.84 \pm 1.66) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$, 数据出现差异并具有统计学意义($P < 0.05$); 脑转移瘤患者平均ADC值为 $(12.12 \pm 2.84) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$, 明显高于对侧正常脑组织ADC值 $(9.17 \pm 1.72) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$, 数据出现差异并具有统计学意义($P < 0.05$); 星形细胞瘤患者的ADC平均值为 $(13.67 \pm 3.12) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$, 相对于对侧正常脑组织ADC值 $(9.35 \pm 1.65) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$, 星形细胞瘤患者ADC值明显偏高, 差异具有统计学意义($P < 0.05$); 胶质瘤患者平均ADC值为 $(1.20 \pm 0.18) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$, 明显高于对侧正常脑组织ADC值 $(0.67 \pm 0.05) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$, 差异具有统计学意义($P < 0.05$), 详见表1。

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(n=43)	脑转移瘤(n=25)	星形细胞瘤(n=8)	胶质瘤(n=50)
脑肿瘤	13.34±3.12	12.14±2.85	13.68±3.14	1.21±0.19
对侧正常脑组织	9.85±1.66	9.17±1.72	9.35±1.65	0.67±0.05
t	6.631	4.409	8.988	6.551
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.2 不同级别间星形细胞瘤与其对侧正常组织ADC值比较 星形细胞瘤I~II级患者平均ADC值为 $(15.21 \pm 3.28) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$, 明显高于对侧正常脑组织ADC值 $(9.34 \pm 0.45) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$, 差异具有统计学意义($P < 0.05$); 星形细胞瘤III~IV级患者平均

ADC值为 $(11.39 \pm 1.58) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$, 明显高于对侧正常脑组织ADC值 $(8.57 \pm 0.52) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$, 差异具有统计学意义($P < 0.05$), 详见表2。

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

星形细胞瘤	例数	ADC值	对侧ADC值	t	P
I~II级	5	15.21±3.28	9.34±0.45	8.316	<0.001
III~IV级	3	11.39±1.58	8.57±0.52	8.971	<0.001

2.3 不同级别胶质瘤与其对侧正常组织ADC值比较 胶质瘤I~II级患者平均ADC值为 $(1.39 \pm 0.15) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$, 明显高于对侧正常脑组织ADC值 $(0.72 \pm 0.05) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$, 差异具有统计学意义($P < 0.05$); 胶质瘤III~IV级患者平均ADC值为 $(1.14 \pm 0.17) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$, 明显高于对侧正常脑组织ADC值

$(0.74 \pm 0.03) \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$, 差异具有统计学意义($P < 0.05$), 见表3。

2.4 脑肿瘤患者代谢状况比较 脑转移瘤、脑膜瘤、胶质瘤及星形细胞瘤NAA/Cr、NAA/Cho均明显低于正常脑组织NAA/Cr、NAA/Cho水平, 而Cho/Cr高于正常脑组织Cho/Cr水平,

差异具有统计学意义($P<0.05$)；星形细胞瘤的NAA/Cho和NAA/Cr水平明显高于脑转移瘤、脑膜瘤，而脑膜瘤的Cho/Cr高于星形细胞瘤、转移瘤，差异具有统计学意义($P<0.05$)，III~IV级星形细胞瘤的NAA/Cho、NAA/Cr水平均低于I~II级星形细胞瘤，差异具有统计学意义($P<0.05$)；胶质瘤的NAA/Cr、NAA/Cho水平均低于转移瘤且高于脑膜瘤，差异具有统

计学意义($P<0.05$)；对于脑转移患者，其中7例Lac峰以及11例LIP峰；对于脑膜瘤患者，其中3例Lac峰、8例Lac和3例Ala峰；对于星形细胞瘤患者，其中9例Lac峰、3例Lip峰；对于胶质瘤患者，其中2例Lip峰、6例Lac峰、1例Ala峰，见表4。见图1~图5。

表3 不同级别胶质瘤与其对侧正常组织ADC值比较 ($\bar{x} \pm s, \times 10^{-4} \text{mm}^2/\text{s}$)

胶质瘤	例数	ADC值	对侧ADC值	t	P
I~II级	22	1.39±0.15	0.72±0.05	9.475	<0.001
III~IV级	28	1.14±0.17	0.74±0.03	4.013	0.016

表4 脑肿瘤患者代谢状况比较 ($\bar{x} \pm s$)

脑肿瘤	例数	NAA/Cho	NAA/Cr	Cho/Cr	Lac	Lip	Ala
I~II级星形细胞瘤	5	0.53±0.38	1.09±0.17	2.05±0.08	3	0	0
III~IV级星形细胞瘤	3	0.38±0.17	0.86±0.22	2.38±0.36	6	3	0
胶质瘤	50	0.37±0.13	0.79±0.18	2.33±0.53	6	2	1
脑膜瘤	43	0.06±0.01	0.08±0.01	4.45±0.94	8	3	3
脑转移瘤	25	0.05±0.01	0.06±0.01	3.34±0.87	7	11	0
正常组织	126	2.46±0.32	2.18±0.61	0.95±0.14	0	0	0

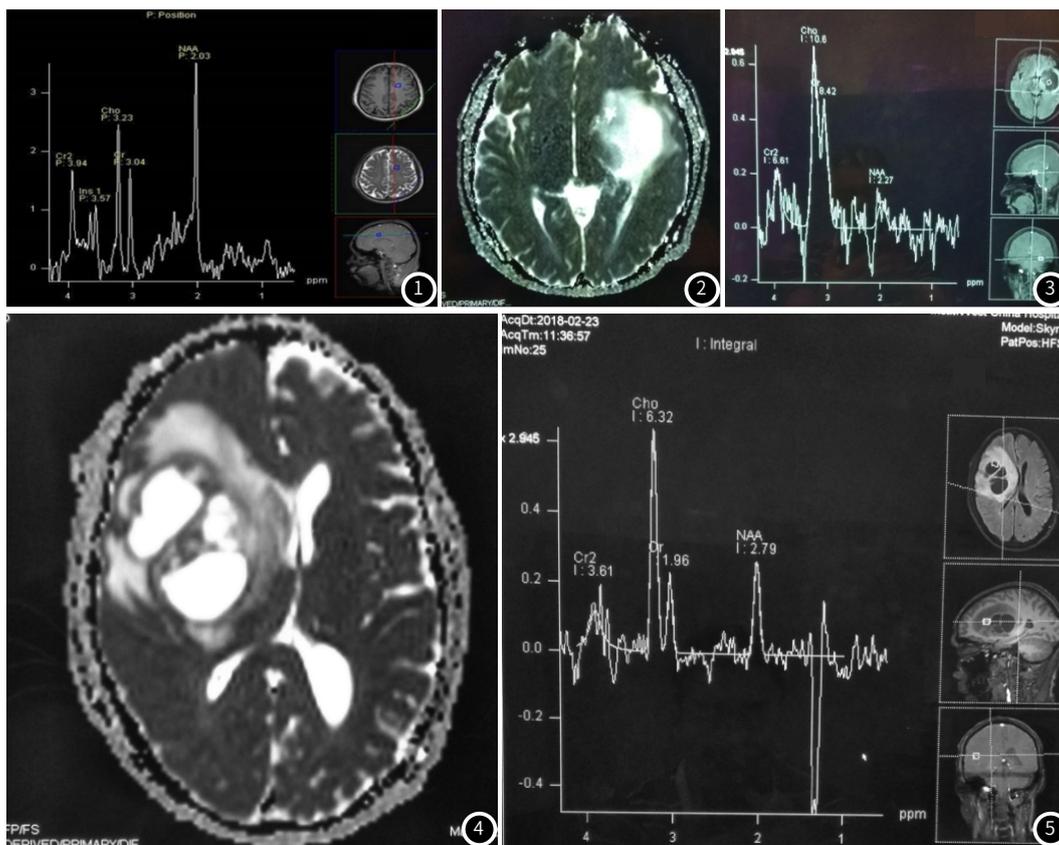


图1 正常脑组织MRS图像。图2~图3 为同一患者，男，24岁，星形细胞瘤患者。图2 DWI未见明显弥散受限；图3 MRS病灶区NAA峰明显减低，Cho峰升高，Cho/NAA比值>2。图4~图5 为同一患者，男，61岁，右侧颞岛、叶、额叶高级别星形细胞瘤。图4 DWI轻度弥散受限；图5 MRS NAA/Cho明显倒置，并见Lac峰。

3 讨论

脑肿瘤是一种生长在颅腔内的神经系统较为多见的疾病，患者的临床症状多表现为头痛、呕吐、视神经乳头水肿^[11]。脑瘤的发生率较高，约占全身各种肿瘤的1%~3%^[12]。CT和MRI扫描检查是肿瘤影像学检查中最常见的检查方式，有相

关研究文献报道，MRI扫描检查较CT扫描检查对软组织的分辨率更佳^[13]。MRI扫描不仅具有无创性、安全性高等优点，还能通过多角度、多方位对病灶位置进行显示，明确病灶周围血供以及病灶大小等情况。近年来临床对于患者脑部检查通常使用MRI常规扫描，但是MRI常规扫描对患者疾病的具体情况反映不准确，容易造成诊断上的误差^[14]。随着医学技术

的进步,同时MRI技术也不断提升,近年来临床上对弥散加权成像(DWI)和波谱成像(MRS)的运用越来越多,据相关资料统计^[15],DWI和MRS对于患者检查中枢神经方面的疾病有极其重要的作用,同时具有极高的诊断价值,尤其是在对脑肿瘤疾病的检查中优势更明显。为此,本研究在MRI常规扫描的基础上采用磁共振DWI联合MRS进行检查,并参照既往相关研究探讨磁共振DWI联合MRS在诊断脑肿瘤中的临床价值^[16]。

磁共振弥散加权成像(DWI)与常规核磁共振成像(MRI)相比,DWI是以水分子运动为基础的,可对脑部基本生理状态信息进行反映^[17]。DWI为磁共振技术的扩展,具体体现组织内水分子扩散的情况,同时DWI有很快的成像速度,能够更好地对患者脑部肿瘤进行诊断^[18]。据相关数据分析得出,DWI对急性脑梗死有很高的敏感性以及特异性^[19]。同时对于患者进行多方面的扫描检测,能够诊断患者脑部中肿瘤、创伤等其他病理特征。通过对患者疾病的诊断,对患者疾病的恶性情况具有精确的评价^[20]。DWI上信号时间将会受多个因素的影响,其中包括扩散敏感梯度场、扩散敏感梯度场维持时间、水分子在组织中的自由扩散度等,其中扩散敏感度越大,体现正常组织与病变组织的对比度也提高,DWI的敏感度将会提高^[21]。常用SE-EPI DWI序列中,b值为1000s/mm²。对所得DWI图像与ADC值的变化情况进行匹配,从而对组织间的弥散状况进行准确反映。使用DWI以及ADC有利于提高脑瘤患者在脑部区域的检测准确性。本研究结果显示,脑膜瘤患者平均ADC值明显高于对侧正常脑组织ADC值;脑转移瘤患者平均ADC值明显高于对侧正常脑组织ADC值;星形细胞瘤患者平均ADC值明显高于对侧正常脑组织ADC值;胶质瘤患者平均ADC值明显高于对侧正常脑组织ADC值,与朱秀芳等^[22]、樊秋菊等^[23-24]的研究结果报道基本一致。该研究表明,根据ADC值的不同,可对脑肿瘤良恶性进行鉴别,肿瘤部位ADC值高于对侧的原因可能是由于T₂值的延长抵消了肿瘤水肿区的扩散增加,使得DWI信号不明显,从而使肿瘤信号更突出。

磁共振波谱分析(MRS)对活体生物检查时,没有辐射,安全性高,不会影响生物本身,也是唯一无伤的扫描技术;其是通过磁共振成像技术和磁共振波谱技术相结合和改进下形成的,是新型的诊断方法^[24]。目前在临床上使用技术为¹H-MRS技术。通过¹H-MRS技术检测患者脑部的代谢物,其中包括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,通过检测的结果对脑部肿瘤进行定性和分级^[25]。除低度恶性胶质病、病灶小于采集范围、浸润肿瘤外,其他脑部肿瘤均在神经元受损的情况下NAA降低;肿瘤恶性程度越高,Cho的升高越明显,但肿瘤坏死区除外;组织能量代谢物升高时Cr降低;肿瘤级别越高,峰越高,Lac升高越明显。本研究结果显示,脑转移瘤、脑膜瘤、胶质瘤及星形细胞瘤NAA/Cr、NAA/Cho水平明显低于正常脑组织,而Cho/Cr水平高于正常脑组织;NAA/Cho和NAA/Cr水平比较星形细胞瘤明显高于脑转移瘤和脑膜瘤,而Cho/Cr比较脑膜瘤明显高于星形细胞瘤和转移瘤;胶质瘤的NAA/Cr、NAA/Cho水平均低于转移瘤且高于脑膜瘤,III~IV级星形细胞瘤的NAA/Cho、NAA/Cr水平均低于I~II级星形细胞瘤^[26]。本研

究结果表明,¹H-MRS对肿瘤恶性程度分级上具有鉴别价值,与Akihiko等^[27]、朱晓玲等人^[28]研究结果一致。有相关资料显示,一些特征波峰的出现,能够帮助患者进行更好的肿瘤诊断,丙氨酸峰的出现也可能预示脑膜癌的出现,而Lac峰和Lip峰通常出现在高级别星形细胞瘤和脑转移瘤中。本研究结果显示,脑转移瘤患者中,Lip峰为主(11例);脑膜瘤患者中,Lac峰为主(8例);星形细胞瘤患者中,Lac峰为主(9例);胶质瘤患者中,Lac峰为主(6例)。本研究结果表明,MRS能有效对肿瘤恶性程度进行分级;DWI能对患者脑部进行多方面检测,其中包括脑脓肿、肿瘤情况等。通过两者的联合检测,能够更加全面准确地对患者进行诊断,弥补常规检测中的不足,提高临床对脑肿瘤的诊断及鉴别诊断效果^[29]。

综上所述,磁共振DWI联合MRS对于脑肿瘤患者的检查,不仅对脑肿瘤具有一定的诊断和鉴别诊断价值,且结合MRI常规检查可对肿瘤恶性程度进行分级以及定性分析,通过专业医师正确的判断以及对症状的诊断,在临床上效果好,具有一定的推广价值。但由于研究时间限制,研究患者的人数不能代表全部患者,后续应进一步深入研究,使患者能够得到更好的诊断。

参考文献

- [1] 彭泽昇,王圣娣. DWI联合MRS诊断中老年前列腺癌的临床研究[J]. 现代肿瘤医学, 2017, 25(16): 2657-2660.
- [2] 石爱军,高万春,冉永旺,等. DCE-MRI与DWI单用和联合应用诊断肌骨系统良恶性病变的特异性与准确度[J]. 西部医学, 2017, 29(4): 556-560.
- [3] 陆洋,葛尚,朱艳,等. DWI联合MRS对前列腺癌诊断的价值[J]. 磁共振成像, 2016, 7(5): 327-331.
- [4] 郭会利,李培岭,张斌青,等. MRS与DWI联合成像在颈髓损伤诊断中的应用价值[J]. 实用放射学杂志, 2016, 32(3): 335-338.
- [5] Li X, Wang L, Li Y, et al. The value of diffusion-weighted imaging in combination with conventional magnetic resonance imaging for improving tumor detection for early cervical carcinoma treated with fertility-sparing surgery[J]. Int J Gynecol Cancer, 2017, 27(8): 1761-1768.
- [6] 王忠,袁涛,付兵,等. 磁共振弥散加权成像与动态增强对前列腺癌诊断的临床价值[J]. 西部医学, 2016, 28(10): 1451-1454.
- [7] 朱芳梅,丁菊容,袁建华,等. 功能磁共振成像在脑转移瘤诊治中的应用研究进展[J]. 浙江医学, 2017, 39(1): 69-71.
- [8] 李文,李胜凯,林优,等. 3.0T磁共振DWI、ADC、MRS联合前列腺特异性抗原诊断前列腺癌效能分析[J]. 实用医学杂志, 2017, 33(9): 1502-1505.
- [9] Song F, Wu W, Qian Z, et al. Assessment of the placenta in intrauterine growth restriction by diffusion-weighted imaging and proton magnetic resonance spectroscopy: A pilot study[J]. Rep Sci, 2016, 24(4): 575.
- [10] 刘颖,马隆佰,余水莲. 常规MRI联合DWI和¹H-MRS诊断成人髓母细胞瘤的价值[J]. 医学影像学杂志, 2017, 27(4): 586-590.
- [11] 郑宁,王光彬,齐先龙,等. 3.0T磁共振DWI联合动态增强扫描在唾液腺肿瘤中的诊断价值[J]. 医学影像学杂志, 2016, 26(7): 1193-1198.
- [12] 唐芳,白琛,杨茹,等. 动态增强MRI对宫颈癌诊断的临床价值[J]. 西部医学, 2016, 28(12): 1732-1736.
- [13] 刘晓知,方勇超,周道田. 磁共振DWI和PWI联合在不同时期脑梗死早期诊断中的应用价值[J]. 临床和实验医学杂

- 志, 2017, 16 (15): 1508-1513.
- [14] 陆桂娥, 庞绍衡, 马海波, 等. MRI平扫联合应用DWI、MRS、DCE-MRI对前列腺病变诊断价值的研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2017, 15 (6): 124-127.
- [15] Sakata A, Fushimi Y, Okada T, et al. Diagnostic performance between contrast enhancement, proton MR spectroscopy, and amide proton transfer imaging in patients with brain tumors[J]. J Magn Reson Imaging, 2017, 46 (3): 732.
- [16] 刘铁军, 郑英杰. 氢质子磁共振波谱联合弥散加权成像在鉴别脑胶质瘤术后复发及放射性损伤中的应用价值[J]. 广西医学, 2016, 38 (5): 711-714.
- [17] 尹子铭, 石建军, 续秋艳, 等. DWI联合MRS对病毒性脑炎和脑低级别胶质瘤的诊断价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2018, 16 (1): 15-18.
- [18] 向辉华, 孙海燕, 刘利琼, 等. 磁共振弥散加权成像和波谱分析在脑胶质瘤中的临床应用[J]. 现代肿瘤医学, 2016, 24 (15): 2374-2377.
- [19] 顾艳, 苗重昌, 王德华, 等. 散发性脑炎与不典型脑梗死的MRI鉴别诊断[J]. 实用医学杂志, 2016, 32 (13): 2098-2101.
- [20] Belki D, Belki K. Improving the diagnostic yield of magnetic resonance spectroscopy for pediatric brain tumors through mathematical optimization[J]. J Math Chem, 2016, 54 (7): 1461-1513.
- [21] 邢振, 曾峰, 余德君, 等. 3.0T MR多模态功能成像在胶质瘤术后复发与放射性坏死鉴别诊断中的价值[J]. 临床放射学杂志, 2016, 35 (9): 1309-1313.
- [22] 朱秀芳, 李蕾, 苗重昌, 等. MRI多检查序列联合应用对原发性脑淋巴瘤诊断的价值探讨[J]. 医学影像学杂志, 2016, 26 (2): 198-202.
- [23] 樊秋菊, 谭辉, 于楠, 等. IVIM-DWI联合MRS鉴别诊断骨质疏松与转移性椎体压缩性骨折[J]. 中国医学影像技术, 2018, 34 (2): 297-301.
- [24] 冯贵堂, 韩东明, 岳巍, 等. 多参数MRI在诊断脑胶质瘤中的价值及其与Ki-67的相关性分析[J]. 放射学实践, 2017, 32 (5): 483-487.
- [25] Li R, Zhao Q, Xin S, et al. Diagnostic accuracy of dynamic contrast enhanced magnetic resonance imaging and diffusion-weighted imaging in endometrial carcinoma: A retrospective study on 54 cases[J]. Appl Magn Reson, 2016, 47 (9): 1-9.
- [26] 毛俊月, 孙艳秋, 张永海. 功能磁共振成像在脑结核瘤诊断中的应用研究进展[J]. 山东医药, 2016, 56 (14): 105-107.
- [27] Akihiko Sakata M D, Yasutaka F MD, et al. Diagnostic performance between contrast enhancement, proton MR spectroscopy, and amide proton transfer imaging in patients with brain tumors[J]. J Magn Reson Imaging, 2017, 46 (3): 732.
- [28] 朱晓玲, 范晓黎, 吴晓莉, 等. 磁共振联合多种功能成像对乳腺癌的诊断价值[J]. 安徽医药, 2017, 21 (10): 1833-1836.
- [29] 江才明, 蒋安杰. 头颅磁共振DWI-FLAIR序列的不匹配性在急性缺血性脑卒中患者中的检测及临床意义研究[J]. 临床和实验医学杂志, 2016, 15 (9): 859-862.

(收稿日期: 2019-06-25)