

论 著

1H-MRS联合DWI、SWI诊断原发性中枢神经系统淋巴瘤的价值*

秦伟 陈馨 赵秋枫*

上海中医药大学附属龙华医院放射科
(上海 200030)

【摘要】目的 分析氢质子磁共振波谱(1H-MRS)联合扩散加权成像(DWI)、磁敏感加权成像(SWI)诊断原发性中枢神经系统淋巴瘤(PCNSL)的价值。**方法** 回顾性分析2021年1月至2023年12月上海中医药大学附属龙华医院收治的经病理证实的26例脑胶质瘤和34例PCNSL患者资料,分为脑胶质瘤组和PCNSL组。所有患者术前均接受MRI检查,在MRI基础上行1H-MRS、DWI及SWI检查,1H-MRS获取颅脑乙酰天门冬氨酸(NAA)、胆碱(Cho)、肌酸(Cr)、乳酸(Lac)、脂质(Lip)峰峰值;DWI获取肿瘤表观弥散系数(ADC);SWI获取此敏感强度(ITSS)分级。比较两组患者各项MRI检查参数,并采用受试者工作特征(ROC)曲线分析各参数对PCNSL的诊断价值。**结果** PCNSL组患者Cho/NAA值、(Lac+Lip)病灶/(Lac+Lip)健侧值分别为[(3.51±0.92)和(3.22±0.85)]大于脑胶质瘤组的[(2.53±0.75)和(2.43±0.61)],NAA病灶/NAA健侧值、ADC值、ITSS分级分别为[(0.32±0.10)、(0.62±0.18)和(1.28±0.45)]均小于脑胶质瘤组的[(0.44±0.13)、(0.83±0.24)和(2.04±0.63)]($P<0.05$);ROC分析显示,1H-MRS、DWI、SWI单独诊断PCNSL的AUC值分别为0.984、0.819、0.890,DWI+SWI诊断PCNSL的AUC值为0.958、三者联合诊断的AUC值为1.000,其中1H-MRS单独诊断效能显著高于DWI、SWI单独诊断($Z=2.838、2.201、P<0.05$),DWI+SWI诊断效能显著高于DWI、SWI单独诊断($Z=2.856、2.113、P<0.05$),三者联合诊断效能显著高于DWI、SWI单独诊断($Z=3.132、2.628、P<0.05$)。**结论** 1H-MRS、DWI及SWI诊断PCNSL均具有一定价值,三者联合诊断价值最高。

【关键词】 原发性中枢神经系统淋巴瘤; 氢质子磁共振波谱; 扩散加权成像; 敏感加权成像; 诊断价值

【中图分类号】 R322.81

【文献标识码】 A

【基金项目】 上海市卫生健康委员会
科研课题(202240150)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.01.002

Value of ¹H-MRS Combined with DWI and SWI in the Diagnosis of Primary Central Nervous System Lymphoma*

QIN Wei, CHEN Xin, ZHAO Qiu-feng*

Department of Radiology, Longhua Hospital Affiliated to Shanghai University of Chinese Medicine, Shanghai 200030, China

ABSTRACT

Objective To analyze the value of proton magnetic resonance spectroscopy (1H-MRS) combined with diffusion-weighted imaging (DWI) and susceptibility-weighted imaging (SWI) in the diagnosis of primary central nervous system lymphoma (PCNSL). **Methods** A retrospective analysis was performed on the data of 26 patients with pathologically confirmed gliomas and 34 patients with PCNSL who were admitted to Longhua Hospital, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine from January 2021 to December 2023. All patients received MRI examination before operation. On this basis, ¹H-MRS, DWI and SWI were performed. The peak values of N-acetyl aspartate (NAA), choline (Cho), creatine (Cr), lactate (Lac) and lipid (Lip) were obtained through ¹H-MRS. Tumor apparent diffusion coefficient (ADC) was obtained through DWI and intratumoral susceptibility signal intensity (ITSS) was obtained through SWI. MRI parameters of the two groups were compared and the diagnostic value of each parameter for PCNSL was evaluated using the receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** Cho/NAA value and (Lac+Lip)_{lesion}/(Lac+Lip)_{healthy side} value in PCNSL group [(3.51±0.92) and (3.22±0.85)] were higher than those in the glioma group [(2.53±0.75) and (2.43±0.61)]. The NAA_{lesion}/NAA_{healthy side} value, ADC value and ITSS grade [(0.32±0.10), (0.62±0.18) and (1.28±0.45)] were lower than those in the glioma group [(0.44±0.13), (0.83±0.24) and (2.04±0.63)] ($P<0.05$). ROC curves indicated that the AUC values of ¹H-MRS, DWI and SWI for diagnosing PCNSL separately were 0.984, 0.819 and 0.890, respectively. The AUC of DWI+SWI for diagnosing PCNSL was 0.958 and the AUC of combined diagnosis with the three was 1.000. The diagnostic efficacy of ¹H-MRS was significantly higher than that of DWI or SWI ($Z=2.838, 2.201, P<0.05$). The diagnostic efficacy of DWI+SWI was significantly higher than that of DWI or SWI ($Z=2.856, 2.113, P<0.05$). The diagnostic efficacy of combination of the three was significantly higher than that of DWI or SWI ($Z=3.132, 2.628, P<0.05$). **Conclusion** ¹H-MRS, DWI and SWI all have certain diagnostic value for PCNSL. Combination of the three can achieve the best diagnostic performance.

Keywords: Primary Central Nervous System Lymphoma; Proton Magnetic Resonance Spectroscopy; Diffusion-Weighted Imaging; Susceptibility-Weighted Imaging; Diagnostic Value

原发性中枢神经系统淋巴瘤(PCNSL)是一种仅发于颅脑、脊髓及软脑膜中的发病率较低的恶性肿瘤^[1]。目前治疗PCNSL多以化疗为主,部分病灶经过化疗和可完全消失^[2]。研究表明^[3],准确的术前诊断对于PCNSL治疗方案确定至关重要。PCNSL穿刺活检虽具有一定诊断价值,但具有一定风险。临床上大多采用影像学手段对PCNSL进行评估,常用的方式主要为MRI。相关研究表明^[4],PCNSL临床表现并无明显特异性,且在MRI常规检查征象上与脑胶质瘤等其他颅内肿瘤存在重叠现象,在诊断鉴别上存在一定缺陷。因此针对PCNSL术前正确诊断对患者治疗以及预后具有重要意义。随影像学技术的快速发展,MRI诊断在常规基础上各种功能的磁共振技术逐渐被广泛运用于肿瘤的诊断中,各种功能序列将肿瘤相关信息定量转化为参数,实现对肿瘤的准确诊断^[5]。基于此,本研究回顾性分析60例患者资料,分析不同的MRI诊断方式对脑胶质瘤及PCNSL的诊断效果差异,旨在为临床PCNSL诊断方式提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2021年1月至2023年12月上海中医药大学附属龙华医院收治的经病理证实的26例脑胶质瘤和34例PCNSL患者资料。

纳入标准: (1)年龄范围18~80岁; (2)患者术前均接受相关MRI检查; (3)患者术后均有明确的病理结果; (4)患者临床相关资料完整且符合研究需求。排除标准: (1)合并其他恶性肿瘤者; (2)病变实质性部分较小者; (3)影像学图像质量较差,无法满足研究需求者; (4)入院检查前已接受相关治疗者。脑胶质瘤组纳入患者26例,男性14例,女性12例;年龄范围26~78(59.48±10.23)岁。PCNSL组纳入患者34例,男性17例,女性17例;年龄25~79(58.83±9.67)岁。两组患者一般资料均衡可比($P>0.05$)。

1.2 检查方法 所有患者采用Philips INGENIA 3.0T全数字磁共振系统进行检查,采用8通道头颅正交线圈,行常规序列扫描,轴位T1WI: TR/TE=2000ms/9.3ms;轴位T2WI: TR=3000ms, TE=100ms;轴位FLAIR: TR/TE=7000ms/90ms,反转时间为2220ms。扩散加权成像(DWI)扫描: TR/TE=5000ms/103ms, b值设置为0和1000s/m²,上述检查层厚5mm,层距1mm,矩阵256×256,FOV为200×200mm。磁敏感加权成像(SWI)扫描:采用3D-FLASH,翻转角15°,TR/TE=27ms/20ms,层厚2mm,层距0。平扫后,Gd-DTPA用高压注射器经肘前静脉给药,剂量为0.1mmol/

【第一作者】 秦伟,女,主管技师,主要研究方向: DR、CT、MRI。E-mail: 13917463117@163.com

【通讯作者】 赵秋枫,女,主任医师,主要研究方向: 神经及消化系统诊断。E-mail: qiufengzhao2012@163.com

kg, 速率3mL/s。氢质子磁共振波谱($^1\text{H-MRS}$)检查方式: 首先采用T2WI-3D序列扫描并重建定位, $\text{TR}/\text{TE}=3200\text{ms}/400\text{ms}$, 矩阵 256×160 , $\text{FOV}=250 \times 250\text{mm}$, 层厚1mm, 定位完成后采用多体素三维化学位移成像方法扫描, 参数: $\text{TR}=1700\text{ms}$, $\text{TE}=135\text{ms}$, 体素 $10\text{mm} \times 10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 。

1.3 数据处理与分析 由两名经验丰富的影像科医师完成MRI相关图像的查阅与分析, 若存在意见不一致, 经讨论后达成一致结果。DWI检查数据传输至配套独立工作站, 获取表观弥散系数(ADC)图像, 选择病灶强化最明显的层面, 在ADC图像上勾选感兴趣区(ROI), 若有多发病灶逐个勾画, 尽量避开坏死、囊变、出血及肿瘤边缘, 记录平均ADC值。在SWI影像上进行磁敏信号强度(ITSS)分析, 利用SWI最小密度投影法(MinIP)在低信号平面上计算点状、线状低信号数, 对ITSS分级进行评价, 评估标准: 0级为无低信号即为; 1级为1~5各点/线状低信号; 2级为6~10个点/线状低信号; 超过10个点/线状低信号或成片低信号即为3级; 多瘤灶ITSS分级取最高级, 统计并计算患者平均ITSS分级。 $^1\text{H-MRS}$ 选取病灶实质取以及健侧脑组织相同大小的ROI, 检测各区域颅脑乙酰天门冬氨酸(NAA)、胆碱(Cho)、肌酸(Cr)、乳酸(Lac)、脂质(Lip)峰峰值, 计算Cho/NAA、Cho/Cr、(Lac+Lip), 并计算上述各代谢物指标病灶区与健侧区的比值。

1.4 统计学方法 采用SPSS 25.0软件进行数据统计与分析, 计数资料采用例(%)表示, 比较采用 χ^2 检验; 计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示, 比较采用t检验; $^1\text{H-MRS}$ 、DWI及SWI检查参数对PCNSL的诊断价值采用受试者工作特征(ROC)曲线分析, 曲线下面积(AUC)表示评估效能, AUC比较采用Z检验; 检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 两组患者MRI信号特征比较 PCNSL组患者T1WI成稍低或等信号, T2WI呈稍高信号, 均呈明显强化, 瘤周轻度水肿; DWI呈较高信号; SWI~minIP图像ITSS分级0级2例, 1级23例, 2级9例; $^1\text{H-MRS}$ 表现为Cho峰升高, NAA峰降低, Lip峰升高。

脑胶质瘤患者中渐变星形细胞瘤11例、胶质母细胞瘤15例, 主要呈T1WI等、低信号, T2WI呈略高或较高信号, 瘤周水肿明显; DWI呈稍高信号; SWI~minIP图像ITSS分级, 1级1例, 2级17例, 3级8例; $^1\text{H-MRS}$ 表现为Cho峰升高, NAA峰略降低。

2.2 两组患者 $^1\text{H-MRS}$ 、DWI及SWI检查参数比较 PCNSL组患者Cho/NAA值、(Lac+Lip)_{病灶}/(Lac+Lip)_{健侧}值大于脑胶质瘤组患者, NAA_{病灶}/NAA_{健侧}值、ADC值、ITSS分级均小于脑胶质瘤组患者($P<0.05$), 见表1。

表1 两组患者 $^1\text{H-MRS}$ 、DWI及SWI检查参数比较

检查方式	参数	PCNSL组(n=34)	脑胶质瘤组(n=26)	t值	P值
$^1\text{H-MRS}$	Cho/NAA值	3.51±0.92	2.53±0.75	4.421	<0.001
	Cho/Cr值	3.24±0.38	3.07±0.45	1.585	0.118
	NAA _{病灶} /NAA _{健侧} 值	0.32±0.10	0.44±0.13	4.044	<0.001
	Cho _{病灶} /Cho _{健侧} 值	2.13±0.54	1.98±0.33	1.248	0.217
	Cr _{病灶} /Cr _{健侧} 值	0.56±0.16	0.64±0.19	1.769	0.082
	(Lac+Lip) _{病灶} /(Lac+Lip) _{健侧} 值	3.22±0.85	2.43±0.61	4.011	<0.001
DWI	ADC值($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	0.62±0.18	0.83±0.24	3.875	<0.001
SWI	ITSS分级(级)	1.28±0.45	2.04±0.63	5.452	<0.001

2.3 $^1\text{H-MRS}$ 、DWI及SWI诊断PCNSL的效能 将 $^1\text{H-MRS}$ 参数中差异参数(Cho/NAA值+NAA_{病灶}/NAA_{健侧}值+(Lac+Lip)_{病灶}/(Lac+Lip)_{健侧}值)、ADC值、ITSS分级纳入为诊断指标, 进行ROC分析, $^1\text{H-MRS}$ 、DWI、SWI单独诊断PCNSL的AUC值分别为0.984、0.819、0.890, DWI+SWI诊断PCNSL的AUC值为0.958、三者联合诊断的AUC值为1.000, 其中 $^1\text{H-MRS}$ 单独诊断效能显著高于DWI、SWI单独诊断($Z=2.838$ 、 2.201 , $P<0.05$), DWI+SWI诊断效能显著高于DWI、SWI单独诊断($Z=2.856$ 、 2.113 , $P<0.05$), 三者联合诊断效能显著高于DWI、SWI单独诊断($Z=3.132$ 、 2.628 , $P<0.05$)见表2、图1。

2.4 影像学资料 见图2。

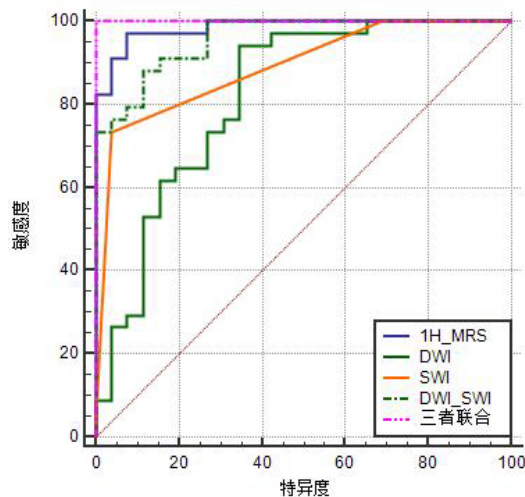


图1 $^1\text{H-MRS}$ 、DWI及SWI诊断PCNSL的ROC曲线。

表2 $^1\text{H-MRS}$ 、DWI及SWI检查参数单独诊断PCNSL的效能

检测指标	AUC	Z	P	约登指数	cut-off	敏感度(%)	特异度(%)
$^1\text{H-MRS}$	0.984(0.912~1.000)	41.349	<0.001	0.894	-	97.06	92.31
DWI	0.819(0.698~0.907)	5.520	<0.001	0.595	$\leq 0.760 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$	94.12	65.38
SWI	0.890(0.783~0.956)	9.348	<0.001	0.697	≤ 1 级	73.53	96.15
DWI+SWI	0.958(0.872~0.993)	21.252	<0.001	0.767	-	88.24	88.46
三者联合	1.000(0.940~1.000)	-	<0.001	1.000	-	100.00	100.00

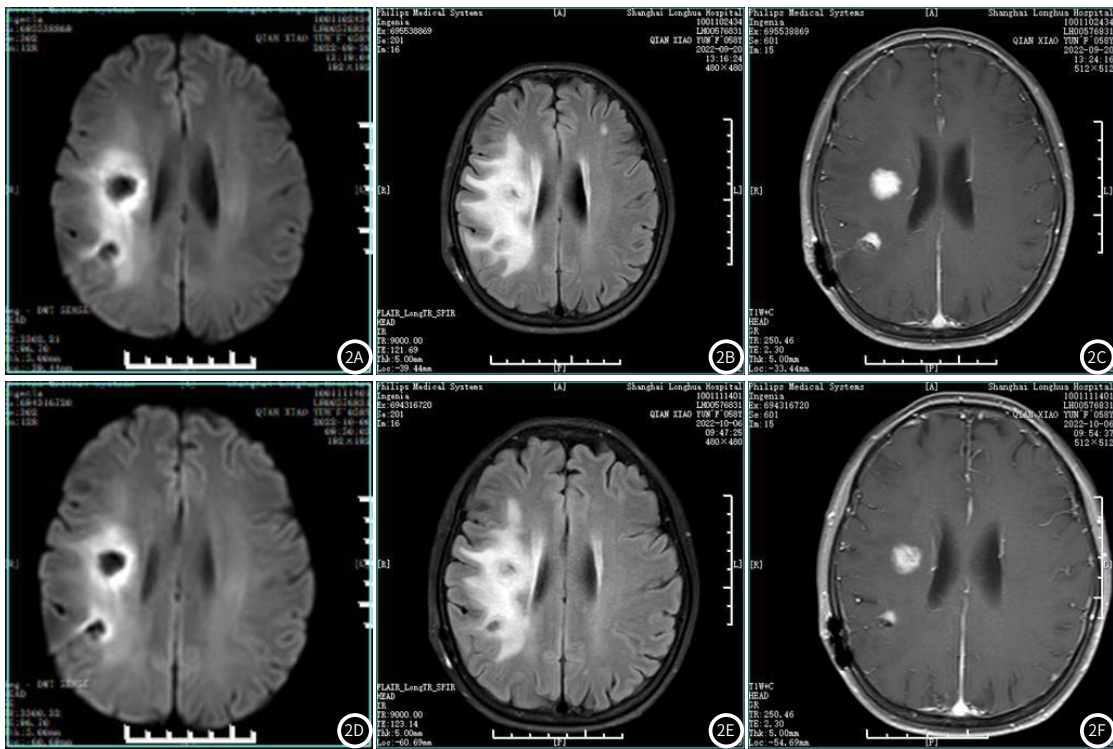


图2 患者MRI检查图像(2A~2C:分别为治疗前DWI、FLAIR、增强T1; 2D~2F:分别为治疗后DWI、FLAIR、增强T1)。

3 讨论

PCNSL原发于中枢神经系统的淋巴瘤，病灶多集中在脑实质、脊髓和眼等部位^[6]。据资料显示^[7]，绝大多数PCNSL是弥漫性大B细胞瘤，早期患者通常存在头痛、呕吐等症状，或伴有精神方面的改变。胶质瘤是一种起源于大脑中的胶质细胞的肿瘤，其早期同样伴有头痛、恶心呕吐等症状^[8]，与PCNSL早期症状类似，而两种疾病治疗方式存在明显差异，因此临床需要准确诊断。常规MRI虽具有一定诊断效果，但由于部分脑胶质瘤、PCNSL病灶MRI征象均可出现环形强化等重叠特征，常规MRI在术前诊断存在一定误差可能性^[9]。因此寻找更精确的诊断方式为PCNSL治疗的关键所在。

¹H-MRS是一种能在分子水平上对体内脏器及组织进行非侵入性分析的磁共振成像方法，可见此人体颅内一些列代谢产物水平^[10]。其中NAA主要存在于神经元和轴突，在患者出现颅内肿瘤时常伴随正常神经组织的破坏，因此在¹H-MRS影像中表现为NAA峰的面积减小。Cho主要存在于细胞膜，其水平变化于细胞膜代谢变化相关，当细胞膜代谢旺盛时其水平明显增加；患者存在颅内肿瘤时，肿瘤细胞快速增殖，因此细胞膜代谢旺盛，在¹H-MRS影像中表现为Cho峰面积增大^[11]；本研究结果中发现，PCNSL组患者Cho/NAA值大于脑胶质瘤组患者，NAA病灶/NAA健侧值小于脑胶质瘤组患者，分析可能因PCNSL病变组织内的神经组织较少，导致NAA峰面积更低，因此导致Cho/NAA、NAA病灶/NAA健侧呈现差异。Cr是一种能量代谢的物质，通常在大脑中的含量较稳定，而在肿瘤组织中队能量代谢需求较高，导致Cr降低。而在本研究中发现两组Cr相关指标并无统计学差异。Lac一般是糖代谢的产物，在大脑内有缺氧缺血，炎症或占位病变的情况下，它的表达会增加；Lip通常表达水平的升高通常代表组织的凝固型坏死，通常在鹿乃淋巴瘤、脑胶质瘤中可检测到Lip峰^[12]。本研究显示，PCNSL组患者(Lac+Lip)病灶/(Lac+Lip)健侧值大于脑胶质瘤组患者；提示在PCNSL中Lac、Lip峰值更高。研究显示^[13]，MRS中Cho、Lip诊断PCNSL和脑胶质瘤具有较高的特异度和敏感度，

于本研究结果基本一致。DWI可以在活体无创地评估水分子在组织和器官中的运动，从分子水平上反映组织和器官的病理生理状态，将上述信息量化为ADC值^[14]。本研究结果显示，PCNSL组患者ADC值、ITSS分级均小于脑胶质瘤组患者；分析上述结果，ADC值反应病灶组织中水分子运动受限情况，若水分子运动受限其水平较低^[15]。相较于脑胶质瘤，PCNSL肿瘤组织中肿瘤细胞密度较高，大量淋巴细胞密集构成了肿瘤细胞，细胞结构紧密，细胞质较少，常染色质更多且富含网状纤维等，水分子运动受限更严重，因此ADC值更低^[16]。SWI是一种基于磁场敏感度和血氧浓度依赖性的影像技术，能够准确、灵敏地反映出组织中顺磁物质的沉积情况，可显示微血管结构以及微出血灶^[17]。本研究结果显示，PCNSL组患者ITSS分级均小于脑胶质瘤组患者；分析上述结果：SWI参数中的ITSS分级与患者血管、出血情况息息相关。脑胶质瘤血供相对丰富，易出血，而PCNSL病灶组织中缺乏血管，坏死出血症状相对更少，因此在SWI图像上PCNSL整体信号强度相对更低，与项弘平等^[18]研究结论相符。

本研究分析¹H-MRS、DWI及SWI对PCNSL及脑胶质瘤的诊断效果发现，三者单独诊断均具有良好的诊断效能，其中¹H-MRS诊断效能最高，AUC值达到了0.984，显著高于DWI、SWI单独诊断，考虑原因可能为¹H-MRS可检测多种代谢产物，具有的参数指标更多，因此诊断更为精确。此外本研究还发现DWI联合SWI诊断同样具有较高的效能，较DWI、SWI单独诊断更为精确；在三者联合的前提下，对PCNSL及脑胶质瘤的诊断效能达到最佳，AUC值达到了1，此结果肯能与患者样本量不大有关，但仍可体现三者联合可极大程度提高诊断准确率。

综上所述，¹H-MRS、DWI及SWI对PCNSL均具有一定诊断价值，三者联合诊断具有最高的诊断效能，可用于临床良好鉴别部分难以鉴别的脑胶质瘤和PCNSL；同时临床可通过患者需求、医院实际对诊断方式进行选择，以实现最佳的诊断效果。

(参考文献下转第13页)

