

论 著

磁共振多模态成像对颞叶癫痫的诊断价值分析*

闫松* 冀鹏 王威
李红
驻马店市中心医院磁共振科
(河南 驻马店 463000)

【摘要】目的 探讨磁共振(MRI)多模态成像对颞叶癫痫(TLE)的诊断价值分析。方法 选取2022年1月至2023年12月期间驻马店市中心医院收治的原发性TLE患者,纳入TLE组,同时期健康志愿者50例,纳入对照组,均行MRI常规、弥散加权成像(DWI)、弥散张量成像(DTI)、动脉自旋标记(ASL)、磁共振波谱(MRS)序列扫描,比较TLE组健侧、患侧与对照组海马表观扩散系数(ADC)值、部分各向异性(FA)值、脑血流量(CBF)值、N-乙酰天门冬氨酸(NAA)/肌酐(Cr)、胆碱(Cho)/Cr,建立二元Logistic回归模型,筛选出对TLE具有独立预测价值的参数,构建联合诊断模型,采用受试者工作特征(ROC)曲线评估诊断效能。结果 对照组双侧海马ADC、FA、CBF、NAA/Cr、Cho/Cr值差异均无统计学意义($P>0.05$);TLE组患侧ADC值大于健侧与对照组($P<0.05$),FA值、CBF、NAA/Cr均小于健侧与对照组($P<0.05$),TLE组健侧ADC值大于对照组($P<0.05$),FA值、CBF、NAA/Cr均小于对照组($P<0.05$);Logistic多因素回归分析显示,ADC、FA、NAA/Cr均为颞叶癫痫的独立相关因素($P<0.05$);构建颞叶癫痫的诊断模型: $Y=-2.107+1.154X_1-3.287X_2-3.129X_3$, Y为颞叶癫痫的预测概率, X_1 ~ X_3 分别表示ADC、FA、NAA/Cr, ROC曲线显示,该模型诊断颞叶癫痫的AUC为0.863, 敏感度、特异度分别为78.20%、76.40%, 拟合优度检验 $\chi^2=22.463$, $P<0.001$, 调整 $R^2=0.713$ 。结论 MRI多模态成像是TLE诊断的有效工具, 基于多模态参数构建的诊断模型具有较高的诊断价值。

【关键词】颞叶癫痫; 磁共振成像; 多模态; 诊断
【中图分类号】R742.1
【文献标识码】A
【基金项目】河南省二〇二三年科技发展规划项目(232102310256)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.03.009

Analysis of Diagnostic Value of Magnetic Resonance Imaging Multimodal Imaging on Temporal Lobe Epilepsy*

YAN Song*, JI Peng, WANG Wei, LI Hong.
Department of Magnetic Resonance, Zhumadian Central Hospital, Zhumadian 463000, Henan Province, China

ABSTRACT
Objective To explore the diagnostic value of magnetic resonance imaging (MRI) multimodal imaging on temporal lobe epilepsy (TLE). **Methods** Patients with primary TLE admitted to Zhumadian Central Hospital from January 2022 to December 2023 were selected and enrolled in TLE group, and 50 healthy volunteers during the same time period were enrolled as control group. All subjects underwent MRI routine, diffusion weighted imaging (DWI), diffusion tensor imaging (DTI), arterial spin labeling (ASL), and magnetic resonance spectroscopy (MRS) sequence scans. The apparent diffusion coefficient (ADC), fractional anisotropy (FA), cerebral blood flow (CBF), N-acetylaspartate (NAA)/creatinine (Cr) and choline (Cho)/Cr in the hippocampus of the healthy side and the affected side in TLE group and control group were compared. Binary Logistic regression model was established, and the parameters with independent predictive value for TLE were screened. The combined diagnostic model was constructed, and the diagnostic efficiency was evaluated by receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** There were no statistical differences in ADC, FA, CBF, NAA/Cr and Cho/Cr in the bilateral hippocampus in control group ($P>0.05$). The ADC of the affected side in TLE group was higher than that of the healthy side and control group ($P<0.05$) while the FA, CBF and NAA/Cr were lower than those of the healthy side and control group ($P<0.05$). The ADC of the healthy side in TLE group was higher than that in control group ($P<0.05$) while the FA, CBF and NAA/Cr were lower than those in control group ($P<0.05$). Logistic multivariate regression analysis showed that ADC, FA and NAA/Cr were independent related factors of TLE ($P<0.05$). The diagnostic model of TLE was constructed as $Y=-2.107+1.154X_1-3.287X_2-3.129X_3$, and Y was the predictive probability of temporal lobe epilepsy, and X_1 - X_3 represented ADC, FA and NAA/Cr respectively. ROC curve revealed that the AUC, sensitivity and specificity of this model in the diagnosis of temporal lobe epilepsy were 0.863, 78.20% and 76.40% respectively. Goodness of fit test showed $\chi^2=22.463$, $P<0.001$, adjusted $R^2=0.713$. **Conclusion** MRI multimodal imaging is an effective tool for TLE diagnosis, and the diagnostic model based on multimodal parameters has high diagnostic value.
Keywords: Temporal Lobe Epilepsy; Magnetic Resonance Imaging; Multimodal; Diagnosis

颞叶癫痫(temporal lobe epilepsy, TLE)是最常见的局限性癫痫症之一, 其诊断和治疗一直是神经医学研究的重点^[1]。TLE诊断挑战在于脑电图和传统磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)技术的局限性, MRI技术作为一种非侵入性诊断工具, 在检测大脑结构异常方面具有明显优势, 但在识别微妙的脑功能和代谢变化方面仍有不足^[2]。随着医学成像技术的进步, MRI技术的发展为TLE的诊断提供了新的视角, 多模态MRI技术结合了不同的成像方法如弥散加权成像(DWI)、弥散张量成像(DTI)、动脉自旋标记(ASL)、磁共振波谱(MRS)等, 可提供有关脑组织结构、功能和代谢状态的综合信息, 可帮助医生更精确地评估癫痫相关脑区变化, 如海马硬化、微血管异常和神经元损伤等^[3-4]。其中, DWI、DTI技术通过分析水分子在脑组织中的扩散能力, 识别微妙的脑组织结构变化, ASL作为一种非侵入性脑血流量测量方法, 为评估脑血流动力学提供重要信息, MRS通过检测脑内特定化学物质的浓度变化, 为了解神经代谢提供独特视角^[5-6]。本研究旨在探讨MRI多模态成像技术在TLE诊断中的价值, 详述如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年1月至2023年12月期间驻马店市中心医院收治的原发性TLE患者, 纳入TLE组。

纳入标准: 符合国际抗癫痫联盟2017年癫痫和癫痫综合征国际分类标准中原发性TLE诊断标准^[7]; 有典型的TLE症状; 首次入院诊治; 视频脑电图检测提示颞叶异常脑电信号; 无MRI禁忌症; 自愿配合相关检查。排除标准: 肝肾功能障碍; 合并高热惊厥、假性癫痫发作等非癫痫疾病; 合并脑血管疾病或外伤等影响脑结构或功能的疾病; 酗酒或有精神障碍。同时期健康志愿者50例, 纳入对照组, 脑电图检查正常, 均无局灶性神经功能缺损体征且MRI检查排除脑实质病变, 其余排除标准同TLE组。TLE组男21例, 女29例; 年龄19~58岁, 平均(40.27±10.03)岁; 对照组男23例, 女27例; 年龄21~60岁, 平均(41.05±9.78)岁, 两组年龄、性别差异无统计学意义($P>0.05$)。

1.2 检查方法

1.2.1 扫描方法及参数: 采用德国西门子公司Magnetom Skyra 3.0T超导MRI扫描仪和32通道头部相控阵线圈, 检查前去除体表金属异物, 采用头先进仰卧位, 双手放在身体两侧, 保持放松状态。扫描序列包含常规轴位3D-T1WI、冠状位T2WI、轴位DWI序列、DTI

【第一作者】闫松, 女, 主治医师, 主要研究方向: 磁共振多模态成像对颞叶癫痫患者的诊断价值。E-mail: yansongzmd@163.com
【通讯作者】闫松

序列、ASL序列、MRS序列，扫描参数：轴位3D-T1WI：重复时间(TR)/回波时间(TE)：1380/2.26 ms，视野(FOV)：25.6×25.6 cm，矩阵：256×256，层厚：1mm，层间距0mm，激励次数(NEX)：1，扫描时间：3min12s；冠状位T2WI：TR/TE：3730/79 ms，FOV：30×30 cm，矩阵：384×269，层厚：2mm，层间距：0.4mm，NEX：3，扫描时间：3min25s；MRS：TR/TE：2000/135 ms，FOV：2×2 cm，矩阵：1×1，层厚：20mm，层间距：0mm，NEX：128，扫描时间：4min26s；轴位DWI：TR/TE：3300/70 ms，FOV：23×23 cm，矩阵：128×128，层厚：5mm，层间距：1.5mm，NEX：1，扫描时间：1min20s；DTI：TR/TE：3700/95 ms，FOV：22×22 cm，矩阵：128×128，层厚：4mm，层间距：1.2mm，NEX：3，扫描时间：4min39s；ASL：TR/TE：4600/16.12 ms，FOV：23×23 cm，矩阵：64×63，层厚：3mm，层间距：1.5mm，NEX：1，扫描时间：4min59s。

1.2.2 图像后处理：原始图像传至西门子syngo软件，由两名具有5年以上工作经验的放射科诊断医师采用双盲法独立阅片，利用Functool后处理软件进行图像后处理。参照T1WI、T2WI图像，选取海马头、海马体、海马尾为颞叶感兴趣区(region of interest, ROI)，手动勾画，ROI大小20mm×20mm×20mm，测三次取平均值，测量获得ROI表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)、部分各向异性(fractional anisotropy, FA)值、脑血流量(cerebral blood flow, CBF)值。采用波谱分析软件对MRS图像进行后处理，计算N-乙酰天门冬氨酸(NAA)/肌酐(Cr)、

胆碱(Cho)/Cr值。

1.3 观察指标 比较TLE组健侧、患侧与对照组海马ADC、FA、CBF、NAA/Cr、Cho/Cr各参数值，建立二元Logistic回归模型，筛选出对TLE具有独立预测价值的参数，构建联合诊断模型，采用受试者工作特征(ROC)曲线评估诊断效能。

1.4 统计学方法 采用统计学软件SPSS 22.0专业统计学软件分析数据，计数资料采用n(%)表示；计量资料以均数±标准差表示，两组间比较采用独立样本t检验，三组间比较采用单因素方差分析，组间两两比较采用Bonferroni法；多因素分析采用Logistic回归模型；绘制ROC曲线，获取ROC曲线下面积(AUC)、敏感度、特异度等参数信息。均以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 对照组双侧海马MRI多模态参数值比较 对照组双侧海马ADC、FA、CBF、NAA/Cr、Cho/Cr值差异均无统计学意(P>0.05)，见表1。

2.2 TLE组患侧、健侧与对照组海马MRI多模态参数值比较 TLE组患侧ADC值大于健侧与对照组(P<0.05)，FA值、CBF、NAA/Cr均小于健侧与对照组(P<0.05)，TLE组健侧ADC值大于对照组(P<0.05)，FA值、CBF、NAA/Cr均小于对照组(P<0.05)，见表2。

2.3 MRI多模态参数对颞叶癫痫影响的多因素Logistic回归分析 Logistic多因素回归分析显示，ADC、FA、NAA/Cr均为颞叶癫痫的独立相关因素(P<0.05)，见表3。

表1 对照组双侧海马MRI多模态参数值比较(n=50)

参数	左侧海马	右侧海马	t值	P值
ADC(×10 ⁻³ mm ² /s)	0.77 ± 0.06	0.78 ± 0.07	0.767	0.445
FA	0.41 ± 0.05	0.41 ± 0.04	0.000	1.000
CBF(mL/100g/min)	47.61 ± 5.35	47.27 ± 5.12	0.325	0.746
NAA/Cr	1.50 ± 0.14	1.51 ± 0.15	0.345	0.731
Cho/Cr	1.36 ± 0.09	1.36 ± 0.10	0.000	1.000

表3 MRI多模态参数对颞叶癫痫影响的多因素Logistic回归分析

因素	β	SE	wald x ²	OR	95%CI	P
ADC	1.154	0.521	4.906	3.171	1.142~8.804	0.027
FA	-3.287	1.037	10.047	0.037	0.005~0.285	0.002
CBF	-0.512	0.304	2.837	0.599	0.330~1.087	0.093
NAA/Cr	-3.129	1.024	9.337	0.044	0.006~0.326	0.002

表2 TLE组患侧、健侧与对照组海马MRI多模态参数值比较

参数	TLE组(n=50)		对照组左侧(n=50)	F值	P值
	患侧	健侧			
ADC(×10 ⁻³ mm ² /s)	0.84 ± 0.04 ^{#*}	0.80 ± 0.05 [#]	0.77 ± 0.03	37.000	<0.001
FA	0.33 ± 0.03 ^{#*}	0.38 ± 0.04 [#]	0.41 ± 0.05	72.059	<0.001
CBF(mL/100g/min)	42.50 ± 5.27 ^{#*}	45.12 ± 5.19 [#]	47.61 ± 5.35	11.753	<0.001
NAA/Cr	1.27 ± 0.12 ^{#*}	1.44 ± 0.09 [#]	1.50 ± 0.14	50.713	<0.001
Cho/Cr	1.35 ± 0.09	1.36 ± 0.07	1.36 ± 0.09	0.237	0.789

注：#：与对照组比较，P<0.05；*：与TLE组健侧比较，P<0.05。

2.4 MRI参数对颞叶癫痫的诊断模型构建 根据表3中的影响因素构建颞叶癫痫的诊断模型：Y=-2.107+1.154X1-3.287X2-3.129X3，Y为颞叶癫痫的预测概率，X1~X3分别表示ADC、FA、NAA/Cr，ROC曲线显示，该模型诊断颞叶癫痫的AUC为0.863，敏感度、特异度分别为78.20%、76.40%，拟合优度检验χ²=22.463，P<0.001，调整R²=0.713，ROC曲线见图1。

2.5 影像学表现 患者女，22岁，局灶性癫痫，间断抽搐1年余，MRI影像学图片见图2、3。

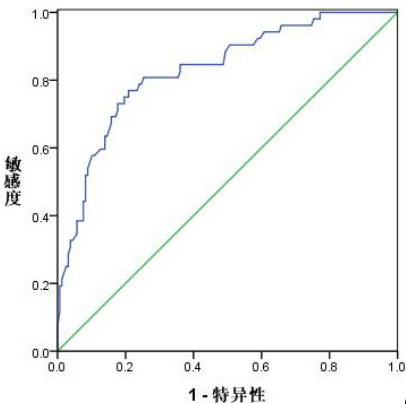


图1 颞叶癫痫诊断模型的ROC曲线。

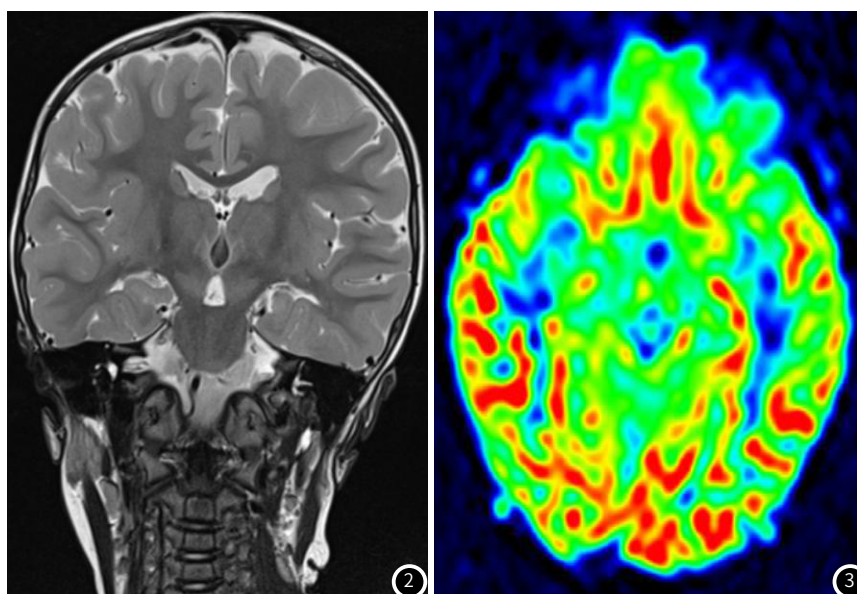


图2 斜冠状位T2WI序列显示左侧海马旋转不良。图3 ASL显示左侧海马高灌注。

3 讨论

TLE作为一种复杂的神经系统疾病，对脑结构和功能的全面评估至关重要。传统MRI技术虽能提供关于脑结构的基本信息，但在反映TLE患者脑部微妙结构和功能异常方面存在局限^[8]。基于此，本研究采用包含DWI、DTI、ASL、MRS等在内的MRI多模态成像技术，以更全面地理解TLE的病理特征，为TLE的临床诊断提供更客观准确的依据。

DWI技术通过测量水分子在脑组织中的扩散能力，揭示脑内微观结构的变化。在正常的脑组织中，水分子运动受到细胞结构的限制，而在TLE患者中，尤其是患侧海马区域，由于细胞密度减少、细胞结构破坏，水分子运动的自由度增加，反映在DWI成像中就是ADC值升高^[9]。DTI通过测量水分子在脑组织中沿多个方向的扩散能力，反映出蛋白纤维的路径和组织结构，FA值是DTI的关键参数，可评估水分子扩散的方向性^[10]。在正常健康的脑白质中，由于白质纤维有序排列，水分子的扩散方向性较高，因此FA值较高，而在TLE患者中，尤其是患侧海马区域，由于神经元损伤、纤维结构改变或损坏，水分子扩散的方向性减少，从而导致FA值降低。本研究中，TLE组患侧FA值小于健侧与对照组，反映了白质纤维的结构损坏，可能与海马硬化或神经元损伤有关，此外，健侧海马FA值也略有降低，表明TLE对大脑产生了更广泛的影响。

ASL通过标记进入大脑的动脉血液中的水分子，然后测量这些标记水分子在大脑内的分布，从而间接评估脑组织血流量，在TLE患者中，尤其是患侧海马区域可观察到CBF显著降低，反映了局部神经元活动和代谢水平的下降^[11]。海马区域是TLE的主要病变区域，海马硬化或神经元损伤均可能导致局部血流量减少，因此ASL可通过血流动力学变化，评估病变区域的功能状态^[12]。MRS通过检测特定核磁共振频率的化学物质，提供脑组织内特定代谢物的浓度信息，NAA是神经元的代谢产物，与神经健康状态相关，Cr是脑代谢中的能量储备物质，其浓度相对稳定，TLE患者中NAA/Cr比值降低是一个显著特征，反映海马区域神经元的损伤或丢失^[13-14]。多因素Logistic回归分析显示，ADC、FA、NAA/Cr在TLE的诊断中均有独立价值，ADC的升高可反映颞叶区域细胞结构改变，FA的降低提示白质纤维结构损伤，NAA/Cr的降低可能表明神经元损伤或丢失。ROC曲线显示，基于上述参数建立的预测模型，AUC为0.863，敏感度78.20%、特异度76.40%，显示了良好的诊断效能，临床实践中，可将其作为辅助工具，用于TLE的早期诊断、筛查高风险患者或评估病情进展。

综上所述，基于MRI多模态参数ADC、FA、NAA/Cr构建的诊断模型，对于TLE诊断具有良好的诊断效能，可作为TLE诊断的有力工具。本研究的局限在于样本量相对较小，需进一步扩大样本规模以增强研究的可靠性。

参考文献

- [1] Binding LP, Dasgupta D, Giampiccolo D, et al. Structure and function of language networks in temporal lobe epilepsy[J]. *Epilepsia*, 2022, 63(5): 1025-1040.
- [2] Johnson GW, Cai LY, Narasimhan S, et al. Temporal lobe epilepsy lateralisation and surgical outcome prediction using diffusion imaging[J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2022, 93(6): 599-608.
- [3] 刘若婷, 张志强, 郝竟汝, 等. 基于体素形态学和基于球谐函数表面形态学的内侧颞叶癫痫海马结构磁共振成像表现分析[J]. *中华医学杂志*, 2021, 101(37): 3024-3028.
- [4] 刘付金龙, 李欣, 王正刚, 等. 弥散张量成像在颞叶癫痫中的研究进展[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21(5): 174-176.
- [5] 杨泽坤, 葛曼玲, 付晓璇, 等. 脑功能连接模型在机器学习中分类鲁棒性研究——以静息态功能磁共振定位癫痫发作侧为例[J]. *中国生物医学工程学报*, 2021, 40(5): 521-553.
- [6] 张旭纪, 石林, 朱明旺, 等. 基于MRI自动化定量海马体积诊断颞叶癫痫患者海马硬化[J]. *中国介入影像与治疗学*, 2022, 19(1): 40-43.
- [7] 梁锦平. 国际抗癫痫联盟2017年版癫痫分类特点及其解读[J]. *中国实用儿科杂志*, 2020, 35(1): 47-54.
- [8] Schraegle WA, Nussbaum NL, DeLeon RC, et al. Neuropsychological phenotypes in pediatric temporal lobe epilepsy[J]. *J Int Neuropsychol Soc*, 2022, 28(9): 916-925.
- [9] Sainburg LE, Janson AP, Johnson GW, et al. Structural disconnection relates to functional changes after temporal lobe epilepsy surgery[J]. *Brain*, 2023, 146(9): 3913-3922.
- [10] 谢冲, 葛曼玲, 付晓璇, 等. 静息态功能磁共振成像多尺度熵优化及在颞叶癫痫致病侧定位中的应用[J]. *生物医学工程学报*, 2021, 38(6): 1163-1172.
- [11] Asadi-Pooya AA, Farazdaghi M. Clinical characteristics of MRI-negative temporal lobe epilepsy[J]. *Acta Neurol Belg*, 2023, 123(5): 1911-1916.
- [12] 杨春兰, 张艺宁, 李志梅, 等. 基于弥散张量成像的颞叶癫痫患者脑白质纤维束完整性[J]. *北京工业大学学报*, 2022, 48(1): 85-94.
- [13] Crow AJD, Thomas A, Rao Y, et al. Task-based functional magnetic resonance imaging prediction of postsurgical cognitive outcomes in temporal lobe epilepsy: a systematic review, meta-analysis, and new data[J]. *Epilepsia*, 2023, 64(2): 266-283.
- [14] Zhang W, Wang J, Zhao Q, et al. MRI-negative medial temporal lobe epilepsy can benefit from stereotactic radiofrequency thermocoagulation applied to the amygdalohippocampal complex[J]. *Curr Med Imaging*, 2022, 18(7): 712-718.

(收稿日期: 2024-03-08)

(校对编辑: 韩敏求)