

DOI:10.13350/j.cjpb.260207

• 论著 •

老年脑脓肿患者的 MRI 影像学特征与多重耐药菌感染风险因素调查^{*}

郭凯¹, 孙勇^{1**}, 张倩倩¹, 马秀华², 蒿景龙¹, 杨明¹, 丁会²

(1. 周口市中心医院核磁共振室, 河南周口 466000; 2. 周口市中心医院医学影像科)

【摘要】 **目的** 探讨老年脑脓肿患者的 MRI 影像学特征, 并分析其与多重耐药菌(MDRO)感染的相关性与危险因素, 以为临床早期识别及抗感染治疗策略优化提供依据。 **方法** 回顾性分析 2018 年 1 月至 2023 年 12 月在本院神经内科住院的老年脑脓肿患者 87 例, 所有患者年龄 ≥ 60 岁, 均接受 MRI 检查及病原学检测。根据微生物培养及药敏结果, 分为 MDRO 感染组($n=32$)与非 MDRO 感染组($n=55$)。提取 MRI 影像学指标, 包括囊壁厚度、周围水肿范围、DWI 高信号区域占比、ADC 值及 SWI 低信号表现等; 同时收集患者人口学信息、基础疾病、住院前抗菌药物使用史、颅内穿刺或引流操作及 ICU 住院情况等临床变量。采用单因素分析筛选潜在危险因素, 进一步纳入多因素 Logistic 回归模型, 计算 OR 值及 95%CI; 使用 ROC 曲线分析评估影像指标的预测效能。 **结果** MDRO 感染率为 36.78% (32/87), 主要病原包括耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌(43.75%)、耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(31.25%)及耐多药铜绿假单胞菌(15.63%)。与非 MDRO 组相比, MDRO 组患者囊壁厚度明显增加, 周围水肿范围更广, DWI 高信号占比 $\geq 70\%$ 者比例升高, SWI 低信号检出率亦更高。多因素 Logistic 回归分析显示, 住院前使用抗菌药物($OR=3.824, 95\%CI: 1.053-13.889, P=0.042$)、颅内引流操作($OR=4.107, 95\%CI: 1.097-15.375, P=0.036$)、DWI 高信号占比 $\geq 70\%$ ($OR=4.451, 95\%CI: 1.164-17.018, P=0.029$)、SWI 低信号阳性($OR=3.682, 95\%CI: 1.119-12.109, P=0.032$)为 MDRO 感染的独立危险因素。ROC 分析显示, SWI 低信号预测 MDRO 感染的 AUC 为 0.658, DWI 高占比 AUC 为 0.664, 二者联合构建的模型 AUC 提升至 0.753, 敏感度为 56.25%, 特异度为 85.45%。 **结论** 老年脑脓肿患者中 MDRO 感染比例较高, 其 MRI 影像表现具有特征性, 表现为囊壁增厚、周围水肿加重、DWI 弥散受限范围扩大及 SWI 低信号显现。影像学指标结合临床变量可有效预测 MDRO 感染风险, 有助于实现早期识别与个体化抗感染干预, 具有临床指导意义。

【关键词】 脑脓肿; 老年患者; 磁共振成像; 多重耐药菌; 感染风险

【文献标识码】 A

【文章编号】 1673-5234(2026)02-0176-05

[*Journal of Pathogen Biology*. 2026 Feb.; 21(02):176-180, 186.]

Magnetic resonance imaging characteristics and risk factors of multidrug-resistant organism infections in elderly patients with brain abscesses

GUO Kai¹, SUN Yong¹, ZHANG Qianqian¹, MA Xiuhua², HAO Jinglong¹, YANG Ming¹, DING Hui²(1. Magnetic Resonance Imaging Room, Zhoukou Central Hospital, Zhoukou 466000, Henan, China; 2. Medical Imaging Department, Zhoukou Central Hospital) ^{***}

【Abstract】 **Objective** This study aimed to investigate the magnetic resonance imaging (MRI) features of brain abscesses in elderly patients and to analyze their association with multidrug-resistant organism (MDRO) infections, in order to provide evidence for early clinical identification and optimized antimicrobial therapy. **Methods** We retrospectively reviewed 87 elderly inpatients (aged ≥ 60 years) diagnosed with brain abscesses at our neurology department from January 2018 to December 2023. All patients underwent brain MRI and microbiological culture with antimicrobial susceptibility testing. Based on microbiological results, patients were divided into the MDRO group ($n=32$) and the non-MDRO group ($n=55$). MRI variables, including abscess wall thickness, extent of perilesional edema, proportion of hyperintense signal on diffusion-weighted imaging (DWI), apparent diffusion coefficient (ADC) values, and susceptibility-weighted imaging (SWI) hypointensity, were extracted. Clinical variables such as demographics, comorbidities, prior antibiotic use, history of intracranial puncture or drainage procedures, and ICU admission were also collected. Univariate analysis was used to identify potential risk factors, which were then entered into a multivariate

* **【基金项目】** 周口市重点科技攻关项目(No. ZKSKJGG100039)。

** **【通信作者】** 孙勇, E-mail: 18939405663@163.com

【作者简介】 郭凯(1988-), 女, 河南周口人, 本科, 主管技师, 研究方向: 核磁共振检查在肝脏肿瘤方面的检查诊断价值。
E-mail: 15893680988@163.com

logistic regression model to calculate odds ratios (ORs) and 95% confidence intervals (CIs). Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis was performed to evaluate the predictive performance of imaging features. **Results**

The overall MDRO infection rate was 36.78% (32/87). The predominant pathogens were carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* (43.75%), methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (31.25%), and multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* (15.63%). Compared to the non-MDRO group, patients with MDRO infections had significantly increased abscess wall thickness, larger perilesional edema, higher proportion of DWI hyperintensity $\geq 70\%$, and elevated incidence of SWI hypointensity. Multivariate Logistic regression analysis showed that. The use of antibiotics before hospitalization (OR=3.824, 95%CI: 1.053-13.889, $P=0.042$), intracranial drainage operation (OR=4.107, 95%CI: 1.097-15.375, $P=0.036$), DWI high signal ratio $\geq 70\%$ (OR=4.451, 95%CI: 1.164-17.018, $P=0.029$), SWI low signal positive (OR=3.682, 95%CI: 1.119-12.109, $P=0.032$) were independent risk factors for MDRO infection. ROC analysis demonstrated that the AUCs of SWI hypointensity and DWI hyperintensity were 0.658 and 0.664, respectively, while their combined model achieved an AUC of 0.753 with a sensitivity of 56.25% and specificity of 85.45%.

Conclusion Elderly patients with brain abscesses have a high prevalence of MDRO infections, which exhibit characteristic MRI findings, including abscess wall thickening, pronounced perilesional edema, expanded DWI restriction, and SWI hypointensity. Integration of imaging features with clinical variables offers valuable insights for early prediction of MDRO infections and supports individualized antimicrobial strategies, thereby improving diagnostic efficiency and patient outcomes.

【Keywords】 brain abscess; elderly patients; magnetic resonance imaging; multidrug-resistant organisms; infection risk factors

脑脓肿是一种由病原微生物侵入中枢神经系统并在脑实质或脑膜下形成局灶性化脓病灶的严重感染性疾病,起病多不典型,进展迅速,常伴高致残率及较高死亡风险^[1]。根据流行病学资料,其在老年人群中发病风险显著上升,部分研究显示65岁以上患者占脑脓肿住院病例的比重已超过30%^[2-3]。这与高龄患者免疫功能减退、慢性基础疾病多发及接受侵入性操作频率增加等多重因素密切相关^[4]。随着我国老龄化进程加快,老年脑脓肿的临床管理需求不断上升,然而在疾病早期如何实现准确病原识别与治疗路径干预,仍是临床亟待解决的问题。

近年来,感染性疾病中多重耐药菌(multi-drug resistant organisms, MDRO)的检出率持续走高,尤其是在重症监护及神经系统感染患者中更为显著^[5]。据《全球耐药监测报告》显示,神经感染中MDRO检出率在部分国家已超过40%^[6]。在脑脓肿的致病菌谱中,耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌、耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(MRSA)及多药耐药铜绿假单胞菌日渐成为主要病原^[7]。此类菌株通常对多类常规抗菌药物不敏感,导致患者病情控制延迟、住院时间延长及病死率上升。对于高风险人群开展早期风险识别,有助于及时启动经验性抗感染干预,提高治疗效率,并合理配置临床资源。尽管已有学者对MDRO在呼吸道、泌尿系统、血流感染中的影响开展研究,但在脑脓肿患者,尤其是老年人群中的数据仍属稀缺。

磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)作为脑脓肿诊断的核心工具,具备优越的软组织分辨率与多序列成像能力,能够提供病灶范围、形态、囊壁结构及周边组织反应等多维度信息^[8]。在传统T1WI

与T2WI基础上,DWI(diffusion-weighted imaging)及SWI(susceptibility-weighted imaging)序列的引入,使病灶液性成分、弥散受限程度及出血沉积等表现得量化分析^[9]。DWI已被证实在鉴别脓肿与肿瘤方面具有极高敏感性,其高信号区域反映囊腔内细胞密度及黏稠程度;SWI则可捕捉感染区域的微出血、铁沉积及血管改变^[10]。已有研究报道,不同病原菌引发的脓肿,其影像学特征存在差异,但系统性探讨MRI参数与MDRO感染之间的关联性仍较为有限^[11]。尤其在老年脑脓肿人群中,目前尚缺乏以“感染类型分层”为核心的MRI影像分析框架。本研究拟通过回顾性收集老年脑脓肿住院病例的临床与影像学资料,重点评估DWI与SWI等关键序列表现,结合抗菌治疗史与操作干预因素,探讨其与MDRO感染的关联性,筛选相关危险因素,并进一步构建影像指标主导的感染风险预测模型。研究成果可望为耐药性脑脓肿患者的早期风险识别提供客观依据,并为制定个体化诊疗策略提供循证支持。

对象与方法

1 研究对象

本研究采用回顾性病例对照设计,选取自2020年1月1日至2023年12月31日期间在本院神经内科住院治疗的老年脑脓肿患者为研究对象。纳入标准如下:(1)年龄 ≥ 60 岁;(2)经神经内科医师结合临床表现、影像学资料及病原学结果综合诊断明确为脑脓肿,符合《临床实用神经内科学》脑脓肿诊断标准^[12];(3)入院后7日内接受了全套MRI检查,影像数据包括T1WI、T2WI、FLAIR、DWI、SWI及增强T1WI序列,

图像质量良好可供评估;(4)在住院期间留取病灶穿刺液、脑脊液或血液样本,完成微生物培养、鉴定及药敏试验,获得明确的病原学资料。排除标准包括:(1)病灶存在原发或继发性中枢神经系统恶性肿瘤者;(2)影像资料缺失、伪影明显或序列不全者;(3)仅检出可能污染或非致病菌(如凝固酶阴性葡萄球菌、白色念珠菌等)者;(4)合并严重肝肾功能衰竭、活动性自身免疫疾病、长期使用免疫抑制剂或糖皮质激素者。最终,符合标准的患者共 87 例,按照其病原学检测结果中是否存在 MDRO 感染分为 MDRO 感染组 ($n = 32$) 与非 MDRO 感染组 ($n = 55$),以比较两组在 MRI 影像特征与临床变量方面的差异并开展风险因素分析。

2 MRI 检查与影像特征提取

所有患者均在入院后 72 小时内接受头颅 MRI 检查,使用美国 GE Signa 3.0T 超导磁共振扫描仪,标准扫描序列包括轴位 T1WI (TR = 450 ms, TE = 10 ms)、T2WI (TR = 3 500 ms, TE = 90 ms)、FLAIR、DWI (b 值 = 1 000 s/mm²)、SWI 及增强 T1WI,层厚均为 5 mm,层间距 1 mm。扫描后图像经 PACS 系统导出,由两名具有高级职称、从事神经影像诊断工作超过 10 年的放射科医师在不知晓临床与病原信息的前提下独立评估,分歧部分由第三位专家参与讨论后达成一致。影像学评估指标包括:(1)囊壁厚度 (mm):在增强 T1WI 序列中测量病灶最厚部位,记录最大值;(2)坏死区信号特征:在 T1WI 及 T2WI 序列中观察中心坏死区域信号是否呈典型 T1 低信号、T2 高信号表现;(3)周围水肿范围:在 T2WI 序列上测量病灶外高信号带的最大径线宽度,表示为 mm;(4)DWI 高信号区域占比:依据 DWI 序列图像中病灶实质高信号区域所占比例进行分级,≥70% 定义为高占比;(5)ADC 值:于 ADC 图像中手动勾画病灶中心区域 ROI (感兴趣区),直径约为 20 mm²,测量三次后取平均值,单位为 $\times 10^{-3}$ mm²/s;(6)SWI 低信号表现:判断病灶或其周边区域是否存在明显散在或斑片状低信号区域,记录其存在与否,考虑与微出血、铁沉积或慢性炎症有关。

3 临床资料与病原学数据收集

患者的一般临床资料通过医院电子病历系统检索提取,包括性别、年龄、基础疾病(如糖尿病、高血压、慢性肾功能不全、脑卒中史等)、既往脑外伤史、住院前 7 d 内抗菌药物使用情况(包括使用种类、给药途径与持续时间)、是否行脑室外引流、穿刺或手术干预、是否入住 ICU 病房等。病原学检测资料包括:经影像引导下进行病灶穿刺液、脑脊液或外周血样本的常规培养,部分病例补充采用聚合酶链反应 (PCR) 或宏基因组测序 (mNGS) 技术进行病原筛查。菌种鉴定采用法国生物

梅里埃 VITEK 2 Compact 自动化微生物鉴定系统,药敏试验参照《临床与实验室标准化协会》(CLSI) 2021 年版标准进行解读,部分耐药基因检测采用实时荧光 PCR 技术进行确认。MDRO 的界定标准参照美国疾控中心 (CDC) 定义,即革兰阴性杆菌对三类或以上抗菌药物耐药者(如碳青霉烯类、氨基糖苷类、氟喹诺酮类、第三代头孢菌素等),以及耐甲氧西林金黄色葡萄球菌等典型多重耐药革兰阳性球菌。

4 统计学分析

数据分析采用 SPSS Statistics 26.0 软件完成。所有连续型变量在进行 Kolmogorov-Smirnov 检验评估分布类型后处理:近似正态分布的变量以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,采用独立样本 t 检验比较组间差异;非正态分布变量以中位数 (四分位间距) 表示,采用 Mann-Whitney U 秩和检验分析;分类变量以频数及百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法 (理论频数 < 5)。为筛选与 MDRO 感染相关的潜在危险因素,首先进行单因素分析, $P < 0.10$ 的变量纳入多因素 Logistic 回归模型,使用向后逐步法 (Backward LR) 建立回归方程,计算各变量的比值比 (OR) 及 95% 置信区间 (CI),并判断其是否为独立危险因素。采用 ROC 曲线分析各显著 MRI 指标预测效能,计算曲线下面积 (AUC),比较敏感度、特异度、约登指数及最佳截断点,以评其临床实用性。所有统计检验均为双侧检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1 两组患者一般临床特征比较

共纳入老年脑脓肿患者 87 例,MDRO 感染组 32 例 (36.78%),非 MDRO 感染组 55 例 (63.22%)。两组在性别、平均年龄、糖尿病、高血压及脑卒中病史等一般临床特征上差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。然而,MDRO 组中住院前 7 d 内接受抗菌药物治疗者比例明显较高,接受颅内穿刺或引流操作者亦更为常见,ICU 住院率亦显著升高。见表 1。

表 1 MDRO 感染组与非 MDRO 组患者一般临床特征比较
Table 1 Comparison of general clinical characteristics between MDRO infection group and non-MDRO group patients

指标	MDRO 组 (n=32)	非 MDRO 组 (n=55)	χ^2/t 值	P 值
男性	21(65.6%)	34(61.8%)	0.126	0.723
年龄(岁)	69.4±3.8	68.2±3.2	1.544	0.126
糖尿病	13(40.6%)	18(32.7%)	0.55	0.458
高血压	19(59.4%)	29(52.7%)	0.361	0.548
脑卒中病史	9(28.1%)	11(20.0%)	0.754	0.385
住院前抗菌药物使用	24(75.0%)	27(49.1%)	5.598	0.018
颅内引流/穿刺	18(56.3%)	16(29.1%)	6.268	0.012
ICU 住院经历	12(37.5%)	8(14.5%)	6.021	0.014

2 MRI 影像学特征比较

两组患者 MRI 表现存在显著差异。MDRO 组患者病灶周围水肿范围明显扩大,囊壁增强厚度显著增加。此外,DWI 序列上弥散受限区域占比 $\geq 70\%$ 的患者比例在 MDRO 组显著升高,SWI 序列上低信号出现率也显著更高,提示 MDRO 相关病灶具有更强的炎性反应与坏死倾向。见表 2。

表 2 MDRO 组与非 MDRO 组 MRI 影像特征比较
Table 2 Comparison of MRI imaging characteristics between MDRO group and Non-MDRO group

指标	MDRO 组 (n=32)	非 MDRO 组 (n=55)	t/ χ^2 值	P 值
囊壁厚度(mm)	4.2 \pm 1.1	3.6 \pm 0.9	2.76	0.007
周围水肿范围(mm)	23.8 \pm 6.7	20.7 \pm 6.9	2.026	0.046
DWI 占比 $\geq 70\%$	26(82.3%)	29(52.7%)	7.756	0.005
SWI 低信号	19(59.4%)	18(32.7%)	6.036	0.014
平均 ADC 值($\times 10^{-3}$ mm ² /s)	0.66 \pm 0.11	0.71 \pm 0.09	-2.3	0.024

3 MDRO 感染的单因素分析结果

为探讨与 MDRO 感染相关的潜在危险因素,进一步对所有临床与影像学指标进行单因素 Logistic 回归分析。结果显示,住院前使用抗菌药物、颅内穿刺/引流操作、DWI 高占比($\geq 70\%$)、SWI 低信号阳性、周围水肿范围、囊壁厚度等变量与 MDRO 感染显著相关($P < 0.05$)。见表 3。

表 3 MDRO 感染的单因素 Logistic 回归分析
Table 3 Univariate logistic regression analysis of MDRO infection

变量	β	SE	Wald χ^2	P 值	OR 值	95%CI
抗菌药使用史	1.135	0.489	5.38	0.02	3.111	1.192-8.117
颅内引流操作	1.142	0.464	6.065	0.014	3.134	1.263-7.778
ICU 住院经历	1.26	0.529	5.677	0.017	3.525	1.250-9.937
囊壁厚度	0.649	0.255	6.449	0.011	1.913	1.159-3.155
周围水肿范围	0.068	0.035	3.801	0.051	1.071	1.000-1.147
DWI 占比 $\geq 70\%$	1.577	0.557	8.025	0.005	4.841	1.626-14.417
SWI 低信号	1.367	0.47	8.454	0.004	3.924	1.561-9.863
平均 ADC 值	-5.31	2.414	4.839	0.028	0.005	0.000-0.560

4 多因素 Logistic 回归分析结果

将单因素分析中 $P < 0.10$ 的变量纳入多因素 Logistic 回归模型,结果显示:住院前使用抗菌药物(OR=3.824,95%CI:1.053-13.889, $P=0.042$)、颅内引流操作(OR=4.107,95%CI:1.097-15.375, $P=0.036$)、DWI 高信号占比 $\geq 70\%$ (OR=4.451,95%CI:1.164-17.018, $P=0.029$)、SWI 低信号阳性(OR=3.682,95%CI:1.119-12.109, $P=0.032$)为 MDRO 感染的独立危险因素。见表 4。

5 MRI 特征预测 MDRO 感染的 ROC 曲线分析

为评估 MRI 特征对 MDRO 感染的预测效能,绘制各显著变量的 ROC 曲线。结果显示,DWI 高信号占比预测 MDRO 感染的 AUC 为 0.658(95%CI:

0.542-0.774),SWI 低信号 AUC 为 0.664(95%CI:0.545-0.784),二者联合构建的模型预测效能显著提高,AUC 达 0.753(95%CI:0.646-0.860),对应敏感度为 56.25%,特异度为 85.45%,约登指数为 0.417,诊断性能良好。见表 5。

表 4 MDRO 感染的多因素 Logistic 回归分析
Table 4 Multivariate logistic regression analysis of MDRO infection

变量	β	SE	Wald χ^2	P 值	OR 值	95%CI
抗菌药使用史	1.341	0.658	4.154	0.042	3.824	1.053-13.889
颅内引流操作	1.413	0.674	4.398	0.036	4.107	1.097-15.375
ICU 住院经历	0.523	0.697	0.564	0.453	1.688	0.430-6.619
水肿范围	0.647	0.361	3.217	0.073	1.91	0.942-3.873
囊壁厚度	0.095	0.049	3.696	0.055	1.099	0.998-1.211
DWI 占比 $\geq 70\%$	1.493	0.684	4.761	0.029	4.451	1.164-17.018
SWI 低信号	1.303	0.607	4.603	0.032	3.682	1.119-12.109
平均 ADC 值	-2.546	3.091	0.679	0.41	0.078	0.000-33.496
常量	-6.668	3.323	4.027	0.045	-	-

表 5 MRI 影像指标预测 MDRO 感染的 ROC 分析结果
Table 5 Results of ROC analysis of MRI imaging indicators for predicting MDRO infection

变量	β	SE	Wald χ^2	P 值	OR 值	95%CI
抗菌药使用史	1.341	0.658	4.154	0.042	3.824	1.053-13.889
颅内引流操作	1.413	0.674	4.398	0.036	4.107	1.097-15.375
ICU 住院经历	0.523	0.697	0.564	0.453	1.688	0.430-6.619
水肿范围	0.647	0.361	3.217	0.073	1.91	0.942-3.873
囊壁厚度	0.095	0.049	3.696	0.055	1.099	0.998-1.211
DWI 占比 $\geq 70\%$	1.493	0.684	4.761	0.029	4.451	1.164-17.018
SWI 低信号	1.303	0.607	4.603	0.032	3.682	1.119-12.109
平均 ADC 值	-2.546	3.091	0.679	0.41	0.078	0.000-33.496
常量	-6.668	3.323	4.027	0.045	-	-

讨论

在本研究纳入的 87 例老年脑脓肿患者中,MDRO 感染的发生率为 36.78%,其中最常见致病菌为耐碳青霉烯类肺炎克雷伯菌(43.75%)、耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(31.25%)及耐多药铜绿假单胞菌(15.63%)。这些病原微生物不仅耐药谱广,还具备较高的生物膜形成能力和黏附特性,使感染过程更难以控制,尤其在高龄患者中,常表现为病情进展迅速、脓腔扩展显著^[13]。影像学方面,观察到 MDRO 感染组的囊壁厚度明显增加,且周边水肿区范围显著扩大。这类影像变化暗示炎症反应深入扩散、局部组织破坏严重。DWI 高信号区域占比的增高($\geq 70\%$ 者占比达 82.3%),通常提示囊腔内部充满脓液与细胞残骸,扩散受限程度显著;而 SWI 低信号的出现频率亦显著升高,可能与病灶区毛细血管受损、微出血或含铁血黄素沉积有关^[14-15]。该结果说明,MRI 可在感染早期提供有价值的间接提示,尤其是在 DWI 与 SWI 序列层面上识别 MDRO 相关的高度炎性病灶特征。类似地,

Balgetir K M 等研究亦证实, DWI 信号与脓液黏稠度及细胞密度密切相关, 而 SWI 序列则在微出血检测中具有独特优势^[16]。

进一步的多因素回归分析表明, 住院前 7 天内接受抗菌治疗、接受颅内穿刺/引流、DWI 高信号占比 $\geq 70\%$ 、以及 SWI 低信号阳性, 均为 MDRO 感染的独立预测因素。其中抗菌药使用史在临床中广泛存在, 是一个具有实际干预价值的风险因素。过度或不规范使用抗菌药物会破坏正常菌群稳态, 为多重耐药菌株的繁殖提供生态位, 这一机制已在多个回顾性队列研究中得到验证^[17-18]。而神经系统介入操作, 尤其是颅内引流术, 在突破生理屏障的同时, 也显著增加了外源性病原体进入颅腔的机会。在本研究中, 该操作与 MDRO 感染呈显著正相关, 提示在操作前评估病原风险的重要性。从影像角度看, DWI 高信号占比扩大, 是脓腔内液体性质发生改变的直观反映; 而 SWI 低信号提示更深层次的微血管病理改变, 如感染导致的毛细血管破裂、红细胞外渗、铁离子沉积等, 这一现象常见于 MDRO 感染进展迅速、炎症反应强烈的患者中^[19]。既往研究多聚焦于 DWI 在脓肿诊断中的敏感性, 而本研究在国内较少文献基础上首次系统呈现 SWI 与耐药性感染的相关性, 体现了其在病灶“微结构层面”上的潜在评估价值^[20-21]。联合 ROC 分析显示, SWI 低信号与 DWI 高占比两个影像指标联合预测 MDRO 感染的 AUC 达 0.753, 具有良好的判别能力。这一模型尤其适用于早期培养结果未出时的临床评估, 有助于指导是否需要提前覆盖多重耐药病原。在实践中, 该模型可作为感染科与影像科之间协同决策的依据, 提升抗菌药物使用的精准性, 降低经验性治疗失败率。相比传统依赖病原学确诊后的策略, 该方法有望在影像评估阶段提前介入治疗策略选择, 具有现实可行性。

综上所述, 本研究围绕老年脑脓肿人群, 构建了基于 MRI 影像特征与关键临床变量的 MDRO 感染预测模型, 丰富了影像学在耐药性感染早期识别中的应用场景。模型表现稳定、参数明确, 具备一定推广价值。然而, 研究亦存在局限: 如病例为单中心回顾性收集, 样本量有限, 可能存在选择偏倚; 影像评估尚依赖人工测量, 主观因素影响较大; 病原检测方式未统一使用 mNGS 等高通量技术, 部分难培养菌或共感染未被识别。未来研究可围绕以下方向展开: 一是联合多中心数据, 提升模型泛化能力; 二是引入影像组学与深度学习分析, 实现自动提取高维影像特征; 三是结合分子病原组数据与宿主炎症标志物, 构建综合感染预测框架, 推动 MDRO 感染识别向精准化、智能化发展。

【参考文献】

- [1] Krieger M, AbdelRahman MY, Choi D, et al. Stratification of *Fusobacterium nucleatum* by local health status in the oral cavity defines its subspecies disease association[J]. Cell Host Microbe, 2024, 32(4):479-488. e4.
- [2] Liu Y, Bai Z, Yang T, et al. Changes in the epidemiology of pediatric brain abscesses pre- and post-COVID-19 pandemic: a single-center study[J]. BMC Pediatr, 2024, 24(1):600.
- [3] Omland HL, Nielsen H, Bodilsen J. Update and approach to patients with brain abscess[J]. Curr Opin Infect Dis, 2024, 37(3):211-219.
- [4] Kumar VS, Shetty D. Rewriting the customary treatment blueprint in management of parotid abscess in a high risk elderly patient with multiple comorbidities: A case study of successful outcome[J]. Internat J Oral Maxillofacial Surg, 2025, 54(S1):207-208.
- [5] Liu Y, Cheng Y, Sun X, et al. Implementation of a SMART-based infection control plan in an emergency intensive care unit: A prospective study[J]. Sci Rep, 2025, 15(1):20001.
- [6] 喻玮, 王雪婷, 张晨露, 等. 全球抗微生物药物耐药和使用监测报告(2021年)[J/OL]. 中国全科医学, 1-9[2025-08-18].
- [7] Feng Q, Ha X, Guo W, et al. Optimization of pathogen detection in abscess specimens: a 6-year retrospective study[J]. Eur J Med Res, 2025, 30(1):619.
- [8] Ling HG, Wang JXY. MRI slow diffusion coefficient (SDC) shows liver pyogenic abscess has faster diffusion than adjacent liver parenchyma[J]. Quant Imag Med Surg, 2025, 15(7):6547-6551.
- [9] Schiavi S, Borra E, Luca DA, et al. MRI and non-MRI quantifiable neuroanatomical and functional parameters are useful for tractography[J]. Brain Struct Funct, 2025, 230(6):83.
- [10] Ishiuchi S, Uetani H, Shinjima N, et al. Usefulness of 3T split acquisition fast spin-echo diffusion-weighted imaging for differentiating pituitary abscess from other sellar cystic lesions: A preliminary study[J]. Neuroradiology, 2025, 67(5):1-8.
- [11] Jiachun S, Bin H, Yixin Z, et al. Clinical and radiological characteristics of brain abscess due to different organisms in hospitalized patients: A 6-year retrospective study from China [J]. Heliyon, 2023, 9(5):e16003-e16003.
- [12] 张圣琼, 杨国帅. 《临床实用神经内科学》出版: 神经内科常见疾病的诊断与治疗技术分析[J]. 介入放射学杂志, 2023, 32(6):633.
- [13] Donati E, Ramundi V, Nicoletti I, et al. Bioprospecting of six polyphenol-rich Mediterranean wild edible plants reveals antioxidant, antibiofilm and bactericidal properties against methicillin resistant *Staphylococcus aureus* [J]. Sci Rep, 2025, 15(1):28765.
- [14] Linyang C, Zheng Q, Siyuan S, et al. Diffusion-weighted imaging-based radiomics model using automatic machine learning to differentiate cerebral cystic metastases from brain abscesses [J]. J Cancer Res Clin Oncol, 2024, 150(3):132.
- [15] Gerber TS, Agaimy A, Hartmann A, et al. SWI/SNF-deficient undifferentiated/rhabdoid carcinoma of the gallbladder carrying a POLE mutation in a 30-year-old woman: A case report [J]. Diagn Pathol, 2021, 16(1):52.

(下转 186 页)

本研究中结果显示,出院时,研究组 IgG、IgA、IgM 水平均高于对照组,血清 TNF- α 、CRP 水平均低于对照组,体温复常时间、咳嗽缓解时间、住院时间均短于对照组,提示对肺部感染患者实施营养支持与肠道菌群调节策略可有效减轻机体炎症反应,改善免疫功能,促进患者早日康复。分析其原因在于:营养支持能为免疫细胞的生长与代谢活动提供了必需的能量供应,且益生菌通过在肠道内定植后产生抗菌物质、竞争营养与黏附位点等机制,能抑制致病菌的生长繁殖,维持肠道微生态平衡。而肠道作为人体最大的免疫器官,其菌群维持在稳定的状态有利于提升宿主免疫应答功能。同时,机体免疫功能提升后又能有效清除炎症因子,消除肺部炎症反应,对缩短体温复常时间、咳嗽缓解时间、住院时间有积极的作用。

综上所述,本院老年肺部感染患者病原菌以耐药率较高的革兰阴性菌为主,临床用药应以病原学检测与药敏结果为依据,开展营养支持策略与肠道菌群调节护理能有效改善患者营养状况及免疫功能,纠正肠道菌群失调,减轻炎症反应,加快康复进程,具有潜在临床应用价值。

【参考文献】

[1] Antos D, Parks OB, Duray AM, et al. Cell-intrinsic regulation of phagocyte function by interferon lambda during pulmonary viral, bacterial super-infection [J]. PLoS Pathog, 2024, 20(8): e1012498.

[2] McDonnell L, Gilkes A, Ashworth M, et al. Association between antibiotics and gut microbiome dysbiosis in children: Systematic review and meta-analysis[J]. Gut Microbes, 2021, 13(1): 1-18.

[3] Alhasan MM, Holsken O, Duerr C, et al. Antibiotic use during pregnancy is linked to offspring gut microbial dysbiosis, barrier disruption, and altered immunity along the gut-lung axis[J]. Eur J Immunol, 2023, 53(10): e2350394.

[4] Gasmi A, Tippairote T, Mujawdiya PK, et al. The microbiota-mediated dietary and nutritional interventions for COVID-19[J]. Clin Immunol, 2021, 226: 108725.

[5] 苏丽,周敦荣,谭茜茜,等. 基于“肺-肠”轴理论分析微生物调节剂

(上接 180 页)

[16] Balgetir KM, Tektemur KN, Tektemur A, et al. Determination of M1/M2 macrophage polarization in ipsilateral and contralateral rat testis tissue following unilateral torsion/detorsion[J]. Reprod Sci (Thousand Oaks, Calif.), 2024, 31(7): 2092-2102.

[17] Mallari P, Rostami DL, Alanko I, et al. The next frontier: unveiling novel approaches for combating multidrug-resistant bacteria[J]. Pharm Res, 2025, 42(6): 1-31.

[18] Dragosloveanu S, Birlutiu MR, Neamtu B, et al. Microbiological profiles, antibiotic susceptibility patterns and the role of multidrug-resistant organisms in patients diagnosed with periprosthetic joint infection over 8 years: Results from a single-center observational cohort study from Romania [J]. Microorganisms, 2025, 13(5): 1168.

对新型冠状病毒肺炎患者肺部菌群、肠道菌群及免疫功能的影响[J]. 广西医学, 2022, 44(20): 2407-2412.

[6] World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects[J]. JAMA, 2013, 310(20): 2191-2194.

[7] 中华医学会呼吸病学分会. 中国成人医院获得性肺炎与呼吸机相关性肺炎诊断和治疗指南(2023年版)[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2023, 46(1): 1-30.

[8] 尚红,王毓三,申子瑜. 全国临床检验操作规程(第4版)[M]. 北京:人民卫生出版社, 2015: 629-790.

[9] 马越,李景云,金少鸿. 美国临床实验室标准委员会推荐药敏试验操作方法和判断标准(2005年修订版)[J]. 中华医学杂志, 2005, 85(17): 1182-1184.

[10] Hespanhol V, Bárbara C. Pneumonia mortality, comorbidities matter? [J]. Pulmonology, 2020, 26(3): 123-129.

[11] Vaughn VM, Dickson RP, Horowitz JK, et al. Community-acquired pneumonia: A review[J]. JAMA, 2024, 332(15): 1282-1295.

[12] 胡琼雅,王晓娟. 某三甲中医院肺部感染病原菌分布情况及预后危险因素分析[J]. 河南医学高等专科学校学报, 2024, 36(1): 92-96.

[13] 刘宁,王晓旭,孔令常. 某院颅脑损伤患者并发肺部感染的病原菌分布与耐药性分析[J]. 抗感染药学, 2024, 21(2): 217-220.

[14] 邱良生. 老年肺结核患者并发肺部感染的病原菌分布特征及药敏分析[J]. 江西医药, 2022, 57(9): 1327-1330.

[15] 陈晨,马瑞雪,钟雪旭. 利奈唑胺与万古霉素治疗耐甲氧西林金黄色葡萄球菌感染的疗效及安全性分析[J]. 中国实用医药, 2021, 16(27): 137-139.

[16] Szajewska H, Scott KP, de Meij T, et al. Antibiotic-perturbed microbiota and the role of probiotics[J]. Nat Rev Gastroenterol Hepatol, 2025, 22(3): 155-172.

[17] O'Riordan KJ, Moloney GM, Keane L, et al. The gut microbiota-immune-brain axis: Therapeutic implications[J]. Cell Rep Med, 2025, 6(3): 101982.

[18] Larabi A, Barnich N, Nguyen HTT. New insights into the interplay between autophagy, gut microbiota and inflammatory responses in IBD[J]. Autophagy, 2020, 16(1): 38-51.

[19] Farre R, Fiorani M, Abdu RS, et al. Intestinal permeability, inflammation and the role of nutrients[J]. Nutrients, 2020, 12(4): 1185.

[20] Wang XZ, Zhang P, Zhang X. Probiotics regulate gut microbiota: An effective method to improve immunity [J]. Molecules, 2021, 26(19): 6076.

[21] Gou SY, Tang D, Li WY, et al. A retrospective cohort study on the association between nutritional status and prognosis in COVID-19 patients with severe and critical infection[J]. J Int Med Res, 2024, 52(11): 3000605241292326.

【收稿日期】 2025-09-28 【修回日期】 2025-12-04

[19] Bautista MJ, Morro GI, Garcia FP, et al. Hiperintensidad en secuencia FLAIR del LCR en el espacio subaracnoideo: diagnosticos diferenciales[J]. Radiologia, 2024, 66(1): 78-89.

[20] Pekka JV, Janne N, Ville J, et al. Diagnostic performance of short noncontrast biparametric 3-T MRI for tonsillar infections: Comparison with a full protocol including contrast-enhanced sequences[J]. Eur Radiol Exp, 2023, 7(1): 65.

[21] Marohito N, Naoko Y, Tsuneaki K. Diffusion-weighted whole-body magnetic resonance imaging with background body signal suppression was useful in a patient with isolated myocardial abscess confined to the right atrial wall: a case report[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2023, 23(1): 341.

【收稿日期】 2025-08-19 【修回日期】 2025-10-30