

CT 影像组学鉴别儿童化脓性与结核性淋巴结炎

张蕊, 徐晔, 李伟

【摘要】 目的:探讨基于 CT 增强静脉期图像采用机器学习方法构建的影像组学模型结合多期 CT 图像上的影像学特征对儿童颈部伴有坏死的化脓性淋巴结炎与结核性淋巴结炎的鉴别诊断价值。**方法:**搜集 2014 年 9 月—2022 年 5 月我院 CT 增强检查发现颈部淋巴结坏死并经病理活检或临床确诊为颈部化脓性淋巴结炎($n=52$)或颈部结核性淋巴结炎($n=49$)患儿的临床和影像资料。分析两组患儿 10 个主要 CT 征象(最大坏死淋巴结短径、最大坏死结的坏死区/淋巴结面积比、坏死区内有无分隔、坏死区边缘是否光滑、平扫坏死区是否可见、有无钙化、淋巴结强化形状、淋巴结强化程度、淋巴结边缘、淋巴结融合)的差异。使用 Radcloud 平台,在 CT 增强静脉期图像上于病变淋巴结内勾画 ROI 并提取 1409 个影像组学特征。利用方差阈值、SelectKBest、最小绝对收缩和选择算法对提取的特征逐步进行降维和筛选,随后采用 6 种机器学习方法(k-最邻近算法、支持向量机、极限梯度提升、随机森林、逻辑回归和决策树)构建预测模型,采用受试者工作特征(ROC)曲线及符合率、敏感度和特异度等指标来评估模型对两种不同类型淋巴结炎的预测效能。**结果:**两组之间最大短径、淋巴结边缘、淋巴结融合、坏死区边缘是否规则、坏死区有无分隔、钙化及强化程度这 7 个征象的差异有统计学意义($P<0.05$)。使用方差阈值、SelectKBest、最小绝对收缩和选择算法逐步筛选出 9 个最佳影像组学特征,采用机器学习方法构建的 6 种预测模型中,AUC 分别为 0.76(95%CI:0.54~0.97)、0.89(95%CI:0.72~1.00)、0.72(95%CI:0.52~0.93)、0.66(95%CI:0.45~0.88)、0.81(95%CI:0.60~1.00)和 0.58(95%CI:0.35~0.80),其中以支持向量机模型的预测效能最高,其诊断符合率、敏感度和特异度分别为 0.88、0.78 和 0.90。**结论:**CT 表现结合发病年龄和影像组学模型对鉴别儿童颈部伴有坏死的化脓性淋巴结炎和结核性淋巴结炎具有重要价值。

【关键词】 淋巴结炎; 结核病; 化脓性感染; 儿童; 影像组学; 体层摄影术, X 线计算机; 预测模型; 机器学习

【中图分类号】 R814.42; R551.2; R632.7 **【文献标志码】** A

【文章编号】 1000-0313(2023)12-1599-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.12.017

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



CT radiomics in differentiation between suppurative from tuberculous lymphadenitis in children

ZHANG Rui, XU Ye, LI Wei. Department of Radiology, Children's Hospital of Chongqing Medical University; National Clinical Research Center for Child Health and Disorders; Ministry of Education Key Laboratory of Child Development and Disorders; Chongqing Key Laboratory of Pediatrics, Chongqing 400014, China

【Abstract】 Objective: To investigate the differential diagnosis value of the venous-phase CT (computed tomography) radiomics model constructed by machine learning combined with the multi-phase CT features in differentiating suppurative lymphadenitis and tuberculous lymphadenitis with necrosis in the neck of children. **Methods:** The clinical and CT imaging data of 52 children with necrotic suppurative lymphadenitis and 49 children with necrotic tuberculous lymphadenitis confirmed by pathology or clinic from September 2014 to May 2022 were collected. Ten major CT features (the short diameter of the largest necrotic lymph node, the ratio of the short diameter of the necrotic area to that of the largest necrotic lymph node, monolocular/multilocular necrotic areas, sharp/obscure node bor-

作者单位: 400014 重庆, 重庆医科大学附属儿童医院放射科, 国家儿童健康与疾病临床医学研究中心, 儿童发育疾病研究教育部重点实验室, 儿科学重庆市重点实验室

作者简介: 张蕊(1997—), 女, 山西忻州人, 硕士研究生, 住院医师, 主要从事头颈部影像研究工作。

通讯作者: 李伟, E-mail: roby1999@sina.com

der, obvious/inconspicuous necrotic area in the nonenhancement phase, node calcification, annular enhancement of the node, nodal attenuation value in the venous phase, regular/irregular silhouette of the necrotic area and fusion of nodes) were identified for statistical analysis. Based on the venous-phase CT image, the lymph node lesions were delineated on the Radcloud platform, and 1409 quantitative radiomic features were extracted. Dimension reduction and screening of these features were gradually carried out using variance threshold, SelectKBest and the least absolute shrinkage and selection operator (LASSO). And then, six prediction models were established through six machine learning method, including k-Nearest Neighbor (KNN), support vector machine (SVM), extreme gradient boosting (XGBoost), random forest (RF), logistic regression (LR) and decision tree (DT). The predictive efficacy of these models for the two different types of lymphadenitis were evaluated using receiver operating characteristic (ROC) curve, accuracy, sensitivity and specificity. **Results:** There were statistically significant differences between the two groups in the short diameter of the largest necrotic node, the clear edge of the lymph node, the fusion of the lymph nodes, the neat edge of the necrotic area, the separation of the necrotic area, lymph node calcification, and the degree of enhancement of the non-necrotic area. A total of nine optimal radiomic features were screened based on the variance threshold, SelectKBest and the least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) method. In the six machine learning prediction models, the AUCs were 0.76 (95%CI:0.54~0.97), 0.89 (95%CI:0.72~1.00), 0.72 (95%CI:0.52~0.93), 0.66 (95%CI:0.45~0.88), 0.81 (95%CI:0.60~1.00) and 0.58 (95%CI:0.35~0.80), respectively. The prediction efficacy of the SVM model was relatively higher, the corresponding accuracy, sensitivity, and specificity were 0.88, 0.78 and 0.90, respectively. **Conclusion:** There are differences in enhanced CT findings between suppurative lymphadenitis with necrosis and tuberculous lymphadenitis with necrosis in the neck of children. CT imaging findings, the patient's age, and the radiomics features can effectively differentiate the two diseases.

【Key words】 Lymphadenitis; Tuberculosis; Purulent infection; Children; Radiomics; Tomography, X-ray computed; Prediction model; Machine learning

颈部淋巴结肿大是儿童颈部常见体征之一,是各种疾病的非特异性临床表现。感染性淋巴结炎是儿童颈部淋巴结肿大最常见病因,以化脓菌和结核菌感染最为多见,肿大的淋巴结常伴有坏死。化脓菌和结核菌感染的治疗方法完全不同,故准确诊断具有重要的临床意义^[1]。颈部淋巴结活检是确诊不同病原感染的金标准,影像检查对于评价淋巴结病变具有重要作用,但存在淋巴结坏死时,在 CT 图像上通常难以准确鉴别不同性质的病变^[2,3]。

目前有关儿童颈部伴有坏死的淋巴结炎的影像报道较少,本研究回顾性地分析本院过去 8 年伴有坏死的颈部淋巴结炎的 CT 影像资料,总结 10 个征象,并评价这些征象的诊断意义。此外,由于影像组学能提供客观的定量信息,解决了传统影像分析的主观性问题^[4,5];儿童淋巴结疾病的影像组学研究很少^[6],有关儿童颈部炎性淋巴结病变的影像组学研究尚未见报道,因此,本研究基于颈部淋巴结 CT 图像应用影像组学方法对淋巴结炎进行鉴别诊断,旨在进一步提高对颈部淋巴结病变的诊断水平。

材料与方法

1. 临床资料

回顾性将 2014 年 9 月—2022 年 5 月在本院经活检或临床确诊为颈部化脓性或结核性淋巴结炎且 CT 增强显示肿大淋巴结有坏死的 101 例患儿纳入本研究。①本研究中纳入 52 例化脓性淋巴结炎患者,其中 25 例经活检病理证实,其他经临床明确诊断,诊断标准:患儿有发热、颈部扪及肿大淋巴结、有压痛,白细胞、中性粒细胞和 C 反应蛋白升高,无结核接触史,抗生素治疗有明显疗效。②本研究中全部结核病例进行了穿刺活检,43 例病理报告为结核性淋巴结炎,其他为肉芽肿性炎,后者通过结合结核菌素试验、结核菌感染 T 细胞斑点试验、Xpert 结核分枝杆菌/利福平试验、典型影像学表现(如淋巴结钙化、淋巴结坏死、淋巴结肿大强化或胸部 CT 显示有索条影、结核球、空洞等征象)、结核接触史以及抗结核治疗效果明显而确诊。排除标准:①因运动伪影、对比剂注射方案不合理、扫描条件控制不佳或设备原因等导致成像质量达不到研究要求;②合并其它系统性炎症或非炎症性疾病、免疫

缺陷或肿瘤等疾病;③曾有面颈部外伤史和/或手术史,或合并有其它局灶性病变;④CT 检查前已行抗感染或抗结核治疗 ≥ 3 天。

2. CT 检查方法

使用 GE LightSpeed VCT 64 排螺旋 CT 机进行颈部 CT 平扫和静脉期增强扫描。扫描参数:100 kV, 100 mAs, 扫描层厚 5.0 mm, 层间距 5.0 mm。对比剂为碘海醇(300 mg I/mL), 剂量为 2.0 mL/kg, 注射速率 2.0 mL/s, 通过高压注射器注入肘静脉, 于给药后约 60 s 行增强扫描。

3. 图像分析

由两位具有 10 年以上诊断经验的高年资放射科医师独立分析 CT 图像, 对意见不一致的病例经协商后达成一致意见。主要分析 10 个 CT 征象, 包括最大坏死淋巴结的短径(即选取伴有坏死的最大淋巴结的最大坏死区短径, 简称为最大短径)、坏死区与淋巴结面积的比值(necrotic area/lymph node area, NA/LA)、坏死区内有无分隔、坏死区边缘是否光滑、平扫坏死区是否可见、有无钙化、淋巴结强化的形态、淋巴结强化程度、淋巴结边缘和有无淋巴结融合。淋巴结强化程度的测量由一位影像科医师在增强静脉期图像上选取伴有坏死的淋巴结的最大层面, 在淋巴结未坏死区内勾画 ROI, 由 GE 后处理系统自动计算 ROI 的平均 CT 值(图 1a)。

影像组学分析采用汇影医疗科技(中国北京)有限公司开发的 Radcloud 影像组学平台, 将 101 个病例的 CT 增强扫描静脉期图像导入此平台进行分析和后处理^[7,8]。使用随机法按照 2:8 的比例将 101 个病例分为训练集和测试集。图像分割由同一位影像医师在增强静脉期图像上选取伴有坏死的淋巴结的所有层面,

沿淋巴结边缘逐层手动勾画 ROI(图 1b), 获得病灶的容积 ROI(VOI)。淋巴结与周围组织的区分标志为强化程度(静脉期炎性淋巴结的强化程度高于周围软组织)。

利用 Radcloud 平台从静脉期图像上病灶的 ROI 中共提取了 1409 个定量特征, 可分为 3 类:①一阶统计特征, 包括 126 个特征, 这些特征是反映 CT 图像上体素强度分布的定量指标。②基于形状和大小的要素, 包含 14 个反映区域形状和大小的三维要素。③根据灰度运行长度和灰度共生纹理矩阵计算, 将 525 个可量化区域异质性差异的纹理特征归为第 3 类特征(纹理特征)。为了减少冗余特征, 使用单变量特征选择的 SelectKBest 方法, 该方法使用 P 值来分析特征与分类结果之间的关系, 并选择 $P < 0.05$ 的特征。

首先使用方差阈值法从 1409 个特征中筛选出 378 个特征, 然后使用 SelectKBest 算法筛选出 23 个特征, 最后使用最小绝对收缩和选择算法筛选出 9 个特征与两种淋巴结病变显著相关。根据所选特征, 采用 k-最邻近算法(k-Nearest Neighbor, KNN)、支持向量机(support vector machine, SVM)、极限梯度提升(extreme gradient boosting, XGBoost)、随机森林(random forest, RF)、逻辑回归(logistics regression, LR)和决策树(decision tree, DT)这 6 个分类器分别构建影像组学模型, 并利用 5 折交叉验证提高模型的有效性。

4. 统计学分析

使用 SPSS 19.0 软件进行数据分析。采用独立样本 t 检验及卡方检验对化脓性淋巴结炎与结核性淋巴结炎的影像学征象进行比较, 检验水准 $\alpha = 0.05$ 。利用 Radcloud 平台进行影像组学特征的提取和建模。

在测试集与训练集中采用 ROC 曲线分析不同模型的诊断效能, 并计算 AUC、符合率、敏感度和特异度等指标值, 并计算精确度、召回率和 f1 评分来以评估模型的预测效能。

结 果

1. 一般临床资料

52 例化脓性淋巴结炎患儿(实验组)中, 男、女各 26 例; 年龄 1 个月~12 岁, 平均(2.9 ± 3.1)岁; 白细胞计数升高和(或)血小板计数升高 41 例, 红细胞计数减少 12 例。49 例淋巴结结核患儿(对照组)中, 男 31 例, 女 18 例; 年龄 1~15 岁, 平均(7.8 ± 4.5)岁。两组患儿的主要临床表现为颈部包块、发热和

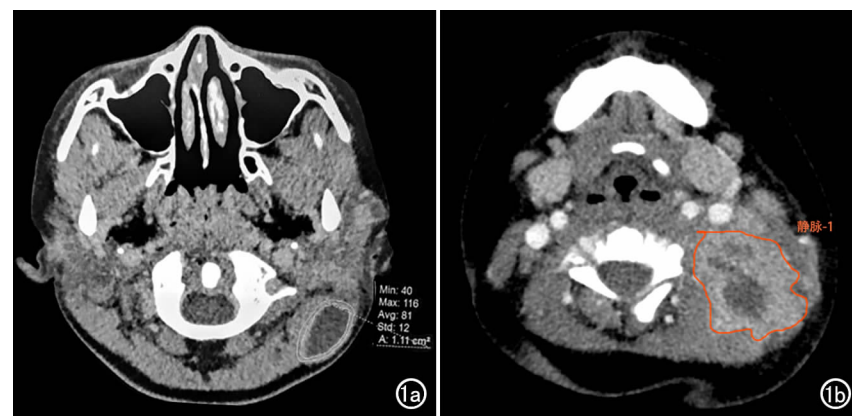


图 1 最大坏死淋巴结 ROI 手动分割方法。a) 由一位影像科医师在增强静脉期图像上选取伴有坏死的淋巴结的最大层面, 在病灶实性区域内勾画 ROI, 应用 GE 后处理功能自动计算 ROI 的平均 CT 值; b) 利用 Radcloud 平台工具, 由一位影像科医师沿着淋巴结边缘勾画 ROI, 用于影像组学特征的提取。

疼痛。两组之间年龄的差异有统计学意义($P<0.01$)。

2. CT 征象的比较

实验组与对照组主要 CT 征象的对比见表 1 和图 2~3。与对照组比较,实验组的最大短径较大、未坏死区增强静脉期 CT 值较高,且淋巴结融合 87%(45/

52)和坏死区内分隔 73%(38/52)更多见,而对照组中淋巴结边缘清楚 49%(24/49)、坏死区边缘规则 33%(16/49)和钙化灶更多见,上述征象的组间差异均有统计学意义($P<0.05$)。平扫时坏死区均可见和动脉期环状强化的出现率以及 NA/LA 在两组之间的差异均无统计学意义($P>0.05$)。

表 1 化脓性淋巴结炎与结核性淋巴结炎主要 CT 征象的比较

指标/征象	实验组(n=52)	对照组(n=49)	t/χ^2 值	P 值
a/mm	23.46±6.39	20.46±7.01	2.25*	0.03
b/a	59%±21%	58%±19%	0.37*	0.72
c/HU	93.58±19.36	83.04±20.55	-2.64*	0.01
淋巴结边缘清楚/例	14(26.92%)	24(48.98%)	5.23 [#]	0.02
淋巴结融合/例	45(86.54%)	33(67.35%)	5.28 [#]	0.02
坏死区边缘规则/例	3(5.77%)	16(32.65%)	11.94 [#]	0.00
坏死区内有分隔/例	38(73.08%)	25(51.02%)	5.23 [#]	0.02
平扫坏死区可见/例	27(51.92%)	26(53.06%)	0.01 [#]	0.91
钙化灶/例	0(0.00%)	9(18.37%)	10.49 [#]	0.00
动脉期环状强化/例	41(78.85%)	37(75.51%)	0.16 [#]	0.69

注:a 为最大坏死淋巴结的最大短径;b 为最大坏死淋巴结内坏死区的最大短径;c 为增强静脉期最大坏死淋巴结内未坏死区的 CT 值。* 为 t 值;[#] 为 χ^2 值。

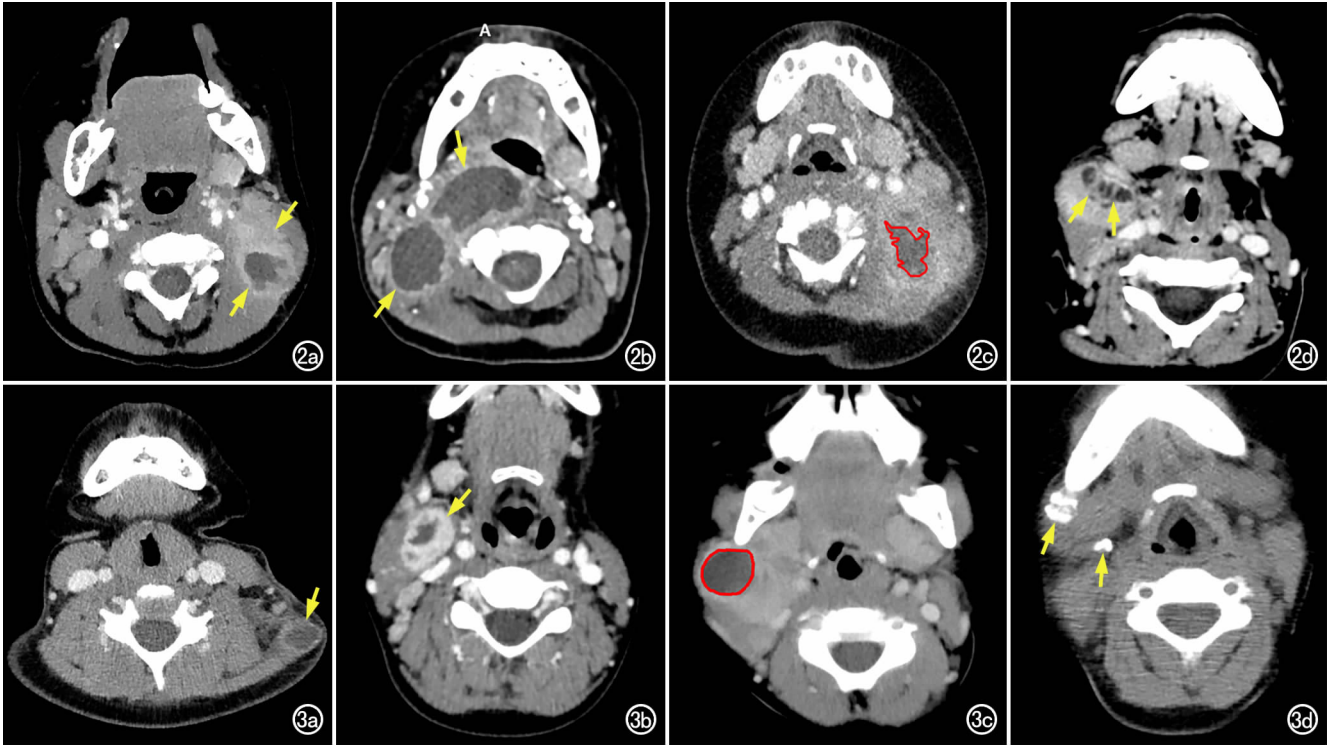


图 2 伴有坏死的化脓性淋巴结炎的 CT 表现。a) 男性患儿, 8 岁, CT 增强静脉期示左侧颈部胸锁乳突肌前方有一肿大淋巴结(黄箭), 边缘不清晰; b) 女性患儿, 4 个月, CT 增强静脉期示右侧咽后壁及颈动脉旁有巨大淋巴结病变(黄箭), 淋巴结最大短径约 35.50 mm(>20 mm); c) 女性患儿, 4 个月, CT 增强静脉期示左侧颈动脉鞘内有一肿大淋巴结, 中心坏死区表现为微弱强化的低密度区、边缘不规则; d) 女性患儿, 7 个月, CT 增强静脉期示右侧颈部颌下腺后方有一肿大淋巴结, 淋巴结融合, 其内有分隔(黄箭)。 图 3 伴有坏死的结核性淋巴结炎。a) 女性患儿, 9 岁, CT 增强静脉期示左侧颈部胸锁乳突肌前方有一肿大淋巴结, 边缘清楚(黄箭); b) 男, 7 岁, 右侧颈部颈静脉外侧有一肿大淋巴结(黄箭), CT 增强静脉期示淋巴结内可见不强化的坏死区, 最大短径约 15.90 mm(<20 mm); c) 女性患儿, 6 岁, CT 增强静脉期示右侧颈部下颌支后方有一肿大淋巴结, 其内以不强化的低密度坏死区为主, 坏死区边缘规则; d) 男性患儿, 1 岁, CT 平扫示右侧颈部咽旁间隙及颌下腺前方淋巴结肿大, 右颈部多发淋巴结钙化(黄箭)。

3. 影像组学研究

特征提取和筛选:增强静脉期图像提取了 1409 个影像组学特征。使用方差阈值、SelectKBest、最小绝对收缩和选择算法逐步降低高维特征的维数,最终筛选出 9 个最优特征(图 4)。

影像组学模型的诊断效能:将筛选获得的 9 个最优影像组学特征分别采用 6 种分类器构建影像组学模型,对模型的预测效能进行 ROC 曲线分析,结果详见表 2 和图 5。SVM 模型在测试集中的 AUC、符合率、敏感度和特异度分别为 0.89(95% CI:0.72~1.00)、0.88、0.78 和 0.90,优于其它 5 种模型。

表 2 基于 CT 增强静脉期不同分类器组学模型的预测效能

分类器	AUC(95%CI)	符合率	敏感度	特异度
KNN	0.76(0.54~0.97)	0.58	0.78	0.50
SVM	0.89(0.72~1.00)	0.88	0.78	0.90
XGBoost	0.72(0.52~0.93)	0.71	0.56	0.80
RF	0.66(0.45~0.88)	0.60	0.67	0.60
LR	0.81(0.60~1.00)	0.64	0.78	0.60
DT	0.58(0.35~0.80)	0.56	0.56	0.60

讨 论

低龄儿童机体抵抗力较差,淋巴结的防御屏障不完善,容易引起颈部化脓性淋巴结炎。化脓性淋巴结炎的病原菌中最常见的为金黄色葡萄球菌和溶血性链球菌^[9]。结核性淋巴结炎常见于儿童及青年,其致病菌多系人型结核菌^[10]。两种类型淋巴结炎在 CT 图像上均表现为淋巴结肿大和坏死,不易鉴别^[11,12]。

本研究中颈部化脓性淋巴结炎患儿的发病年龄明显小于结核性淋巴结炎,这可能与两组患儿的活动范围、人际环境和免疫状态等因素有关^[13,14]。本研究中对两组患儿的增强静脉期 CT 图像进行分析,对比了 10 个征象的出现率在 2 组间的差异,结果显示:两组之间最大短径、淋巴结边缘清楚与否、淋巴结有无融合、坏死区边缘是否规则、坏死区是否有分隔、淋巴结

钙化以及未坏死区的强化程度等 7 个征象的出现率在两组间的差异有统计学意义($P<0.05$)。较大的坏死淋巴结、模糊的淋巴结边缘、出现坏死区内分隔、不规则的坏死区边缘和更明显的实质部分强化倾向于提示化脓性淋巴结炎。既往的研究中通常将坏死区在 CT 平扫图像上淋巴结未显示而在增强图像上显示作为判断淋巴结坏死是否为干酪样坏死的重要依据^[15-17]。本组病例中,实验组中 48%的淋巴结坏死区在 CT 平扫图像上不可见,对照组中为 47%,两组间差异无统计学意义($\chi^2=0.01, P=0.91$),提示 CT 平扫淋巴结坏死区是否显示不宜作为结核性坏死与化脓性坏死的鉴别依据。化脓性淋巴结炎在急性期时炎性渗出导致淋巴结实质部分密度降低,加上坏死物未充分崩解、液化,使得坏死区在 CT 平扫图像上可以不显示。淋巴结钙化在结核组中的出现率明显高于化脓组,与 Kim 等^[18]的研究结果相似。钙化灶的出现高度提示儿童结核性淋巴结炎,但尚需排除甲状腺癌转移、神经母细胞瘤转移和 Castleman 病等的可能性。结合年龄和 CT 影像特征有助于区分化脓性和结核性颈部淋巴结炎。

影像组学分析应用自动数据特征化算法将感兴趣区的信息转换为高通量定量特征值,这些定量特征可能是人类视觉无法感知的生物信息^[19,20],对于颈部淋巴结病灶性质的评估具有较大价值。有关儿童颈部淋巴结炎的 CT 影像组学的报道缺乏,本研究中基于静脉期 CT 增强图像利用影像组学方法提取并筛选影像组学特征作为重要的预测因子来构建影像组学预测模型。结果表明,影像组学模型可以有效鉴别化脓性与结核性淋巴结炎。原因可能是,从增强后静脉期图像中提取的放射组学特征可以更好检测和描述病灶的生物学特征。化脓性淋巴结炎与结核性淋巴结炎的病理生理过程不同,这种差异性使得病变淋巴结呈现不同

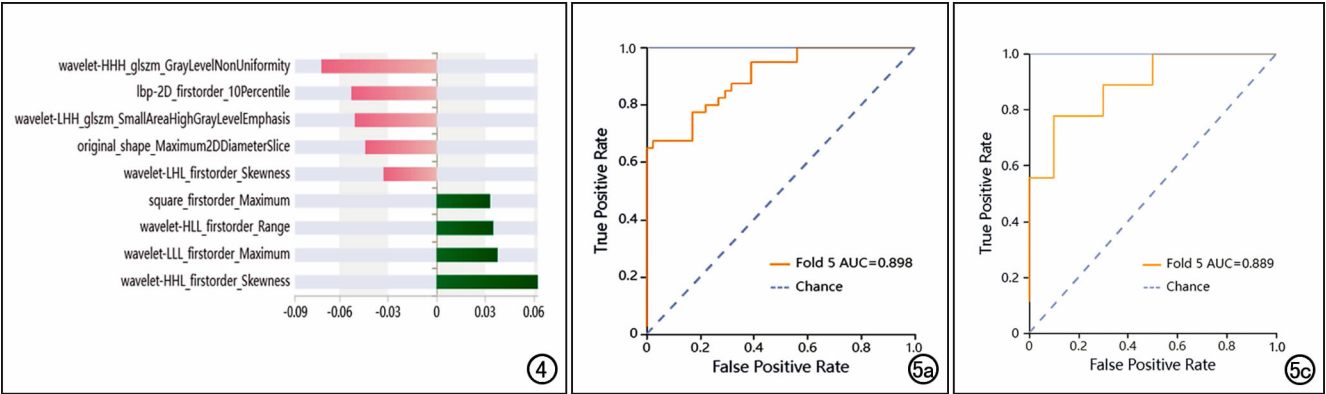


图 4 使用方差阈值、SelectKBest、最小绝对收缩和选择算法逐步从 1409 个特征中选择 9 个特征。
图 5 基于增强静脉期图像构建的 SVM 影像组学模型预测化脓性淋巴结炎与结核性淋巴结炎的效能的 ROC 曲线。a)训练集;b)测试集。

的表现,可以利用能获取病灶高通量信息的影像组学分析方法将两种病理过程不同的病变区分开来。

本研究存在一定的局限性:首先,本研究为回顾性研究,可能具有一定的选择偏倚;其次,未包括其它类型的颈部炎性淋巴结病变,在未来的研究中将纳入多种疾病类型,结合多中心和前瞻性研究,进一步进行分析。

总之,尽管对于伴有坏死的儿童颈部化脓性淋巴结炎和结核性淋巴结炎 CT 鉴别诊断有一定困难,但两者在发病年龄和多个 CT 征象上仍存在一定差异,借助影像组学方法可以获得更高的诊断效能。随着影像组学作为精准医疗的重要组成部分,未来可望更广泛地地应用于儿童疾病的诊断、评估及个体化治疗。

参考文献:

- [1] Suárez I, Fünfer SM, Kröger S, et al. The diagnosis and treatment of tuberculosis[J]. *Dtsch Arztebl Int*, 2019, 25, 116(43): 729-735.
- [2] Cunqueiro A, Gomes WA, Lee P, et al. CT of the neck: image analysis and reporting in the emergency setting[J]. *Radiographics*, 2019, 39(6): 1760-1781.
- [3] 林蒙, 罗德红, 余小多, 等. 颈部淋巴结结核 CT 表现与病理对照研究[J]. *放射学实践*, 2006, 21(4): 340-343.
- [4] Tsai YL, Chen SW, Kao CH, et al. Neck lymph node recurrence in HNC patients might be predicted before radiotherapy using radiomics extracted from CT images and XGBoost algorithm [J/OL]. *J Pers Med*, 2022, 12(9): e1377 [2022 Aug 25]. DOI: 10.3390/jpm12091377.
- [5] Mayerhoefer ME, Materka A, Langs G, et al. Introduction to radiomics[J]. *J Nucl Med*, 2020, 61(4): 488-495.
- [6] 王浩入, 陈欣, 刘欢, 等. CT 影像组学鉴别儿童腹膜后神经母细胞瘤和节细胞神经母细胞瘤的价值[J]. *南方医科大学学报*, 2021, 41(10): 1569-1576.
- [7] Kayi Cangir A, Orhan K, Kahya Y, et al. CT imaging-based machine learning model: a potential modality for predicting low-risk and high-risk groups of thymoma; "Impact of surgical modality choice" [J/OL]. *World J Surg Oncol*, 2021, 19(1): e147 [2021 May 11]. DOI: 10.1186/s12957-021-02259-6.
- [8] Cangir AK, Orhan K, Kahya Y, et al. A CT-based radiomic signature for the differentiation of pulmonary hamartomas from carcinoid tumors [J/OL]. *Diagnostics (Basel)*, 2022, 12(2): e416 [2022 Feb 5]. DOI: 10.3390/diagnostics12020416.
- [9] Kato H, Kanematsu M, Kato Z, et al. Necrotic cervical nodes; usefulness of diffusion-weighted MR imaging in the differentiation of suppurative lymphadenitis from malignancy [J]. *Eur J Radiol*, 2013, 82(1): 28-35.
- [10] Srinivas CV, Nair S. Clinicopathological profile of cervical tubercular lymphadenitis with special reference to fine needle aspiration cytology [J]. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*, 2019, 71 (Suppl 1): S205-S211.
- [11] Lyon SM, Rossman MD. Pulmonary tuberculosis [J]. *Microbiol Spectr*, 2017, 5(1): 10.1128/microbiolspec.TNMI7-0032-2016 [2017 Feb 10]. DOI: 10.1128/microbiolspec.TNMI7-0032-2016.
- [12] Naranje P, Bhalla AS, Sherwani P. Chest tuberculosis in children [J]. *Indian J Pediatr*, 2019, 86(5): 448-458.
- [13] Georget E, Gauthier A, Brugel L, et al. Acute cervical lymphadenitis and infections of the retropharyngeal and parapharyngeal spaces in children [J/OL]. *BMC Ear Nose Throat Disord*, 2014, 14: e8 [2014 Sep 5]. DOI: 10.1186/1472-6815-14-8.
- [14] Luu TM, Chevalier I, Gauthier M, et al. Acute adenitis in children: clinical course and factors predictive of surgical drainage [J]. *J Paediatr Child Health*, 2005, 41(5-6): 273-277.
- [15] Luo MY, Liu L, Lai LS, et al. Deep going study on intrathoracic tuberculous lymphadenitis in adults using multidetector CT [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2010, 123(10): 1283-1288.
- [16] Lee S, Yoo JH, Lee SW. Kikuchi disease: differentiation from tuberculous lymphadenitis based on patterns of nodal necrosis on CT [J]. *AJNR*, 2012, 33(1): 135-140.
- [17] Kim BH, Lee C, Lee JY, et al. Initial experience of a deep learning application for the differentiation of Kikuchi-Fujimoto's disease from tuberculous lymphadenitis on neck CECT [J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): e14184 [2022 Aug 19]. DOI: 10.1038/s41598-022-18535-8.
- [18] Kim WS, Moon WK, Kim IO, et al. Pulmonary tuberculosis in children: evaluation with CT [J]. *AJR*, 1997, 168(4): 1005-1009.
- [19] Gillies RJ, Kinahan PE, Hricak H. Radiomics: images are more than pictures, they are data [J]. *Radiology*, 2015, 278(2): 563-577.
- [20] 陈俊飞, 王笑笑, 胡景卉, 等. 基于 CT 平扫影像组学模型对早期急性坏死性胰腺炎的鉴别诊断价值 [J]. *放射学实践*, 2023, 38(2): 177-182.

(收稿日期: 2023-09-05 修回日期: 2023-11-26)