

儿童盆腔横纹肌肉瘤特征性 CT 征象分析及数学诊断模型构建

李彦娇

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 / 儿童医疗大数据智能应用重庆市高校工程研究中心 重庆 400014

摘要: 目的: 探讨儿童盆腔横纹肌肉瘤 (pelvic rhabdomyosarcoma, RMS) 的 CT 征象, 并基于贝叶斯逐步判别分析法建立数学诊断模型, 为临床诊断提供影像学依据。方法: 共纳入 116 例经病理证实的盆腔恶性肿瘤患儿, 随机分为训练组 (93 例) 和验证组 (23 例)。根据病理结果将训练组进一步分为 RMS 组 ($n=32$) 和非 RMS 组 ($n=61$)。对 CT 征象进行统计学分析, 并采用逐步判别法筛选特征性征象。应用贝叶斯判别分析建立诊断模型, 通过留一法交叉验证及验证组进行模型验证。结果: 五项 CT 征象 (肿瘤密度以囊性为主型、多结节融合征、渐进性向心性不均匀强化、钙化及出血) 被确定为 RMS 的特征性 CT 表现。建立的诊断模型为: (RMS 组) $G_1 = -7.759 + 4.246x_1 + 4.266x_2 + 8.437x_3 - 1.278x_4 - 0.164x_5$; (非 RMS 组) $G_2 = -2.377 + 1.983x_1 + 0.956x_2 + 0.306x_3 + 1.911x_4 + 2.680x_5$ (x_{1-5} 分别代表上述征象, 存在 =1, 否 =0)。判别原则: $G_1 > G_2$ 归入 RMS 组。留一法交叉验证总体准确率 90.3% (敏感性 84.4%, 特异性 93.4%); 验证组总体准确率 87.0% (敏感性 83.3%, 特异性 88.2%)。结论: 儿童盆腔 RMS 具有特征性 CT 征象, 基于此建立的数学诊断模型, 对儿童盆腔横纹肌肉瘤的诊断具有可靠性和高效性。

关键词: 横纹肌肉瘤; 骨盆; 儿童; 计算机断层扫描; 数学诊断模型

引言

横纹肌肉瘤 (RMS) 是儿童最常见的软组织肉瘤之一, 恶性度高^[1,2], 盆腔为好发部位。术前准确诊断对治疗决策及预后至关重要。CT 是评估盆腔肿瘤的常用影像学手段, 但 RMS 常缺乏特异性, 易与其他盆腔恶性肿瘤 (如卵黄囊瘤、恶性畸胎瘤等) 混淆^[1-4]。目前针对儿童盆腔 RMSCT 特征的系统性研究较少^[2]。

贝叶斯判别分析是一种基于概率的统计分类方法, 逐步判别分析能有效筛选特征变量^[5]。二者结合可优化模型效能。本研究旨在分析儿童盆腔 RMS 的特征性 CT 征象, 并融合上述方法构建数学诊断模型, 为临床鉴别诊断提供量化工具。

1 材料与方法

1.1 研究对象

检索 2017 年 1 月至 2024 年 1 月本院经病理证实的盆腔恶性肿瘤患儿 116 例。纳入标准: ①病理确诊; ②术前有盆腔增强 CT; ③图像清晰。排除标准: ①图像质量差; ②未行增强 CT; ③病理不明。采用随机分组法将患者分为训练组 (93 例, 80%) 与验证组 (23 例, 20%)。训练组中

RMS 32 例, 非 RMS 61 例 (含卵黄囊瘤、恶性畸胎瘤等)。两组年龄、性别分布无显著差异 ($P>0.05$), 具有可比性。

1.2 CT 检查

采用 256 层螺旋 CT (Philips Brilliance iCT), 扫描参数: 管电压 80–100 kV, 管电流 100–200 mA (根据体重调整), 层厚 5.0 mm, 重建层厚 1 mm。比剂为欧乃派克 (350 mg/mL), 剂量 1.5 mL/kg (最大为 80 mL), 行平扫及动脉期 (30s)、静脉期 (65s) 增强扫描。

1.3 CT 特征提取

由两位不知病理结果的资深腹部放射科医师独立评估图像。评估指标包括: 肿瘤大小、密度 (实性 / 囊性为主、钙化、出血、坏死)、形态 (多结节融合、分叶、圆形 / 类圆形)、边界、强化特征 (周围血管、渐进性向心性不均匀强化、葡萄簇样强化) 及转移情况。分歧时协商一致或由第三位高年资医师仲裁。评估者间一致性高 ($Kappa=0.948$)。

1.4 统计学分析

使用 SPSS 23.0。计量资料符合正态分布用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 行 t 检验; 非正态分布用中位数 (四分位数) 表示, 行非参数 Wilcoxon 秩和检验^[6]。计数资料用频数表示, 行 χ^2 检验

或 Fisher 精确检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。采用 Wilks λ 逐步判别分析（引入 / 剔除 F 值：3.84/2.71）筛选有鉴别意义的 CT 特征，并建立贝叶斯判别函数。通过留一法交叉验证及验证组检验模型准确性。

2 结果

2.1 特征性 CT 征象筛选

单因素分析显示，8 个 CT 特征在 RMS 与非 RMS 组间差异有统计学意义（ $P < 0.05$ ）：“肿瘤密度以囊性为主”、“多结节融合”、“分叶状”、“周围血管包绕”、“不均匀向心性渐进性强化”、“肺转移”、“钙化”和“出血”。逐步判别分析最终纳入 5 个最具判别力的特征构建模型：肿瘤密度以囊性为主（ x_1 ）、多结节融合（ x_2 ）、渐进性向心性不均匀强化（ x_3 ）、钙化（ x_4 ）、出血（ x_5 ）。

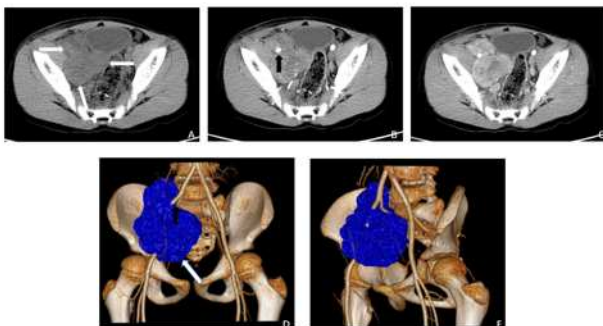


图 1 10 岁男性盆腔横纹肌肉瘤患儿影像。(A) 平扫 CT：盆腔内见多发大小不等结节（白箭）部分结节融合，部分结节呈密度不均表现，未见出血及钙化 (B) 增强 CT（动脉期）病灶包绕血管（黑箭）并呈不均匀强化 (C) 增强 CT（静脉期）病灶呈渐进性向心性不均匀强化 (D-E)(VR) 病灶（白箭）包绕血管（黑箭）。

2.2 诊断模型建立

建立的贝叶斯判别函数如下：

$$(\text{RMS 组}) G_1 = -7.759 + 4.246x_1 + 4.266x_2 + 8.437x_3 - 1.278x_4 - 0.164x_5$$

$$(\text{非 RMS 组}) G_2 = -2.377 + 1.983x_1 + 0.956x_2 + 0.306x_3 + 1.911x_4 + 2.680x_5$$

判别规则：计算 G_1 与 G_2 值，若 $G_1 > G_2$ ，判为 RMS；若 $G_1 < G_2$ ，判为非 RMS。

2.3 诊断模型准确性

留一法交叉验证：训练组总体准确率 90.3%，敏感性 84.4%，特异性 93.4%。RMS 组 32 例中 27 例正确分类（84.4%），非 RMS 组 61 例中 57 例正确分类（93.4%）。

独立验证组验证：总体准确率 87.0%，敏感性 83.3%，特异性 88.2%。RMS 组 6 例中 5 例正确分类（83.3%），非 RMS 组 17 例中 15 例正确分类（88.2%）（见表 1）。

表 1 儿童盆腔 RMS CT 数学诊断模型准确性验证结果

验证方法	实际分组	n	预测例数 (n, %)		判别准确率
			横纹肌肉瘤	非横纹肌肉瘤	
交叉验证	横纹肌肉瘤	32	27(84.4)	5(15.6)	90.3%
	非横纹肌肉瘤	61	4(6.6)	57(93.4)	
验证组	横纹肌肉瘤	6	5(83.3)	1(16.7)	87.0%
	非横纹肌肉瘤	17	2(11.7)	15(88.2)	

注：n= 数量

3 讨论

本研究识别出 5 项具有高度鉴别价值的 CT 特征：肿瘤密度以囊性为主型、渐进性向心性不均匀强化、多结节融合征、钙化及出血。这些 CT 征象可能与其病理学特征相关。多项研究^[2-4,7-9]表明，RMS 富含黏液组织，导致囊性为主的密度特征。RMS 内富含纤维组织，纤维组织影响对比剂动力学，表现为渐进性向心性强化。此外，RMS 多中心侵袭性生长形成多结节融合。钙化与出血相对少见，此结果与既往研究^[2-3]相符。

单一 CT 征象鉴别诊断价值有限。本研究创新性地将逐步判别分析与贝叶斯判别分析结合，构建了多元数学诊断模型。该模型整合了多特征信息，量化了诊断过程，交叉验证与独立验证均显示其具有较高的准确性（>87%）和良好的特异性（>88%）。模型函数简洁，便于临床医师应用（如 Excel 表格或简单编程实现），为 RMS 的术前无创诊断提供了客观工具。

本研究局限性：①回顾性研究存在选择偏倚可能；②样本量相对有限（RMS 属罕见病），未来需多中心大样本验证；③未纳入 MRI 特征进行比较。

4 结论

儿童盆腔 RMS 在 CT 上表现出特征性征象。基于贝叶斯判别分析构建的数学诊断模型，能有效鉴别 RMS 与其他盆腔恶性肿瘤，诊断效能良好，具备临床转化应用前景。此数学建模思路可推广至其他肿瘤的鉴别诊断。

参考文献：

[1]Sun F, Zhao SH, Li HM, Bao L, Xu L, Wang DB. 儿童阴道恶性肿瘤的计算机断层扫描与磁共振成像表现：内胚窦瘤与横纹肌肉瘤 [J]. 计算机辅助断层扫描杂志. 2020 Mar/

Apr;44(2):193-6.

[2] Chen X, Huang Y, He L, Zhang T, Zhang L, Ding H. 基于 CT 影像组学鉴别儿童盆腔横纹肌肉瘤与卵黄囊瘤 [J]. 肿瘤学前沿 . 2020;10:584272.

[3] Tannous WN, Azouz EM, Homsy YL, Kiruluta HG, Grattan-Smith D. 儿童盆腔横纹肌肉瘤的 CT 与超声成像: 对 56 例患者的回顾性分析 [J]. 儿科放射学 . 1989;19(8):530-4.

[4] Shi J, Du J, Wu W, Wang Q. 儿童非器官起源腹部横纹肌肉瘤的临床及影像学特征 [J]. 中华肿瘤杂志 . 2016 Nov 23;38(11):845-51.

[5] Okeh UM, Ugwu AC. 贝叶斯定理: 生物医学科学研究中的范式工具 [J]. 东非公共卫生杂志 . 2009 Apr;6 Suppl(1):11-9.

[6] Lin T, Chen T, Liu J, Tu XM. 曼-惠特尼-威尔科克森秩和检验在调查数据中比较平均秩的应用拓展 [J]. 医学统计学 . 2021 Mar 30;40(7):1705-17.

[7] Broecker BH, Plowman N, Pritchard J, Ransley PG. 儿童盆腔横纹肌肉瘤 [J]. 英国泌尿学杂志 . 1988 May;61(5):427-31.

[8] Grosfeld JL, Smith JP, Clatworthy HW, Jr. 婴幼儿与儿童的盆腔横纹肌肉瘤 [J]. 泌尿学杂志 . 1972 Apr;107(4):673-5.

[9] Hensle TW, Chang DT. 儿童盆腔横纹肌肉瘤的重建手术 [J]. 北美泌尿临床 . 2000 Aug;27(3):489-502, ix.

作者简介: 李彦娇 (1995—), 女, 民族: 汉, 籍贯: 四川广安, 学历: 硕士, 职称: 初级, 研究方向: 儿童影像学, 科室: 放射科。