

# 湘西地区小儿急诊肠套叠复发预测模型的建立和效果评价

舒欣<sup>1</sup>, 梁晓<sup>2</sup>, 易伟宸<sup>2</sup>, 卢义展<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>吉首大学第一附属医院小儿疝外科, 湖南 湘西

<sup>2</sup>吉首大学医学院, 湖南 湘西

收稿日期: 2024年2月21日; 录用日期: 2024年3月15日; 发布日期: 2024年3月22日

## 摘要

目的: 分析肠套叠空气复位后复发的危险因素, 并建立预测模型。方法: 2022~2023年我院明确诊断为肠套叠的病人396例, 并随机将70%的病人纳入建模组(276例), 30%的病人纳入验证组(120例)。进行单因素及多因素Logistic回归分析时, 我们使用了SPSS25.0软件来鉴定潜在的危险因素。使用R 4.2.1软件构建了Nomogram预测模型, 通过绘制受试者操作特性(ROC)曲线并计算其曲线下面积(AUC), 评估了模型的区分能力。同时, 通过绘制校准曲线, 我们进一步评价了模型的校准精度。结果: 总体复发率为12% (48/396), 多因素分析显示套块直径, 肠壁血流信号, 腹腔积液, 血便是肠套叠空气复位后复发的危险因素, Nomogram预测模型的AUC = 0.82% (95% CI 74.3~89.9), 预测具有一定的预测能力。结论: 在本研究中, 结合超声影像学 with 临床数据所构建的列线图预测模型展现了良好的校准性和区分能力, 为临床实践提供了有效的理论依据。

## 关键词

肠套叠, 复发, 危险因素, 预测模型

## Establishment and Effect Evaluation of Predictive Model for Recurrence of Intussusception in Pediatric Emergency Medicine in Western Hunan Region

Xin Shu<sup>1</sup>, Xiao Liang<sup>2</sup>, Weichen Yi<sup>2</sup>, Yizhan Lu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Pediatric Hernia Surgery, Affiliated Hospital of Jishou University, Xiangxi Hunan

<sup>2</sup>College of Medicine, Jishou University, Xiangxi Hunan

\*通讯作者。

文章引用: 舒欣, 梁晓, 易伟宸, 卢义展. 湘西地区小儿急诊肠套叠复发预测模型的建立和效果评价[J]. 临床医学进展, 2024, 14(3): 1062-1070. DOI: 10.12677/acm.2024.143810

## Abstract

**Objective:** To analyze the risk factors for recurrence of intussusception after air repositioning and to establish a predictive model. **Methods:** There were 396 patients with a definite diagnosis of intussusception in our hospital from 2022 to 2023, and 70% of them were randomly included in the modeling group (276 patients) and 30% in the validation group (120 patients). For performing univariate and multivariate logistic regression analysis, we used SPSS 25.0 software to identify potential risk factors. A Nomogram prediction model was constructed using R 4.2.1 software, and the discriminatory ability of the model was assessed by plotting the subject operating characteristic (ROC) curves and calculating their area under the curve (AUC). Meanwhile, by plotting the calibration curve, we further evaluated the calibration accuracy of the model. **Results:** The overall recurrence rate was 12% (48/396), and the multifactorial analysis showed that the diameter of the trocar mass, the blood flow signal of the intestinal wall, the abdominal fluid, and the hematocrit were the risk factors for the recurrence of the intestinal trocars after air repositioning, and the AUC of the Nomogram prediction model was = 0.82% (95% CI 74.3~89.9), which predicted a certain predictive ability. **Conclusion:** In this study, the column-line graph prediction model constructed by combining ultrasonography and clinical data demonstrated good calibration and differentiation ability, providing an effective theoretical basis for clinical practice.

## Keywords

Intussusception, Recurrence, Risk Factors, Predictive Modeling

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

肠套叠常见于 4~10 个月的婴儿，是导致婴儿肠梗阻的最主要原因之一，而在 2 岁后，其发病率逐渐减少。尽管有部分患儿未表现出明显的临床症状，但对其进行及时的诊断和治疗至关重要，肠套叠不仅是 1 岁以下儿童中最常见的急腹症之一，而且可能引起腹腔内肠管的损伤和坏死，严重时甚至威胁到患儿的生命[1]。而肠套叠非手术治疗复发率约为 10%~15% [2]。对于早期复发尚缺乏明确的定义，一些学者倾向于将肠套叠经空气灌肠复位后 12 小时内的再次发生较少的情况视为早期复发。一般将复位后 24、48 或 72 小时内发生的复发性肠套叠界定为早期复发[3] [4] [5]。对于此类早期复发的划分，有助于更精细地评估治疗效果，为制定更有效的干预措施提供了基础。肠套叠复发病人的病因不明以及治疗上的特异性，导致许多临床医师在判断肠套叠是否复发时经验不足。复发性肠套叠的诊治延误成为不良预后的一个主要原因之一。本研究的实施旨在深入探索影响肠套叠再次发作的危险因素，以为临床医生提供科学依据，帮助其更准确地识别肠套叠复发的高危人群。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 一般资料

选择 2022 年 1 月~2023 年 12 月 396 例于我院确诊肠套叠、且经空气灌肠复位术治疗患儿，按照 7:3

分为训练集和验证集,其中训练集男 179 例,女 97 例,发病季节春 102 例,夏 52 例,秋 26 例,冬 96 例,肠套叠位于左侧有 113 例,右侧 163 例,肠套叠单发占 245 例,多发占 31 例,套头形状:套筒状为 126 例,同心圆为 150 例,套叠部位小肠 90 例,回盲部 131 例,大肠 55 例,肠壁有血流信号 154 例,无血流信号 122 例,腹腔有积液为 99 例,无积液 177 例,套鞘内外淋巴结肿大 267 例,无淋巴结肿大 9 例,使用间苯三酚为 71 例,使用山岩莨碱 153 例,有继发因素 8 例,有血便 104 例。年龄平均  $28.73 \pm 21.47$  个月;白细胞计数:  $10.48 \pm 4.56 (10^9/L)$ 、C-反应蛋白:  $7.07 \pm 10.80 (mg/L)$ 、单核细胞比例:  $7.43 \pm 5.71 (%)$ 、淋巴细胞比例:  $27.81 \pm 16.64 (%)$ 、嗜酸性细胞比例:  $1.20 \pm 1.57 (%)$ 、套块直径(mm):  $36.68 \pm 14.78$ 、肠套叠复位后禁食时间(小时):  $10.76 \pm 7.59$ 、体温( $^{\circ}C$ ):  $36.74 \pm 0.58$ 、体重(kg):  $16.03 \pm 6.73$ 、发病至灌肠时间:  $13.11 \pm 9.46$  小时。所有患者均通过超声检查确诊为肠套叠,并在首次接受空气灌肠复位术后成功复位。基于患儿在首次复位成功后 48 小时内是否出现再次肠套叠的情况,研究将其分为复发组(30 例)和未复发组(246 例)。

## 2.2. 纳入标准

符合肠套叠诊断标准[6]; 年龄 < 14 岁; 患儿一般情况良好; 体格检查无明显腹部刺激征; 发病时间 < 72 h; 空气灌肠复位成功。

## 2.3. 排除标准

1) 临床资料不全的患者; 2) 胃或直肠的套叠病例; 3) 存在灌肠复位禁忌证的患儿; 4) 先天性心脏病; 内脏器官患遗传方面疾病。

## 2.4. 方法

记录患儿包括年龄、性别、病程、体重、发病季节、临床症状(呕吐、禁食时间、继发因素等)。实验室检查: 血常规、大便常规等。在超声影像学评估中,首先采用腹部低频探头定位肠套叠的位置,随后使用高频探头细致观察套入部位的肠管壁血流情况。套块最大径、套头形状、套叠个数、套叠部位、腹腔积液、套鞘内外有无肿大淋巴结、肠套叠复位后禁食时间、是否使用山岩莨碱或间苯三酚、有无继发性病理因素、体温等。

## 2.5. 统计分析

在总结基线特征时,我们采用描述性统计方法。对于服从正态分布的连续变量,我们以均值加减标准差( $\bar{x} \pm s$ )的形式呈现,并通过  $t$  检验进行组间比较。对于不服从正态分布的连续变量,我们以中位数及第 25 和第 75 百分位数(M (P25, P75))来表示,并利用秩和检验进行组间对比。对于分类变量,采用频数(%)表示,并通过卡方检验( $X^2$  检验)进行组间比较。将收集的临床资料进行单因素分析。并采用向后法逐步回归的方法行多因素 Logistic 回归分析,筛选出复发相关独立危险因素。并构建预测模型,以列线图的形式呈现。通过区分度和校准度评估模型的预测准确度,通过绘制受试者操作特征(ROC)曲线并计算其曲线下面积(AUC),我们评估了模型的区分能力。进一步,执行 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验和校准曲线的绘制,以评价模型的校准精度。所有统计分析均采用 R 4.2.1 软件执行。设定 P 值小于 0.05 为统计学上的显著差异

## 3. 结果

训练集患者复发风险的单因素分析结果显示: 年龄,套块直径,肠壁血流信号,腹腔积液,血便有统计学意义( $P < 0.05$ )。结果见表 1。

**Table 1.** Univariate analysis of the risk of recurrence in patients in the training set  
**表 1.** 训练集患者复发风险的单因素分析

变量	未复发(n = 246)	复发(n = 30)	P
年龄(月)	27.79 ± 20.872	36.4 ± 24.95	0.037
性别 n (%)			0.038
男	157	22	
女	89	8	
发病季节, n (%)			0.811
春	93	9	
夏	44	8	
秋	20	6	
冬	89	7	
肠套叠位置, n (%)			1.0
左侧	101	12	
右侧	145	18	
肠套叠个数, n (%)			0.055
单发	222	23	
多发	24	7	
套头形状, n (%)			0.276
套筒状	109	17	
同心圆	137	13	
套叠部位, n (%)			0.449
小肠	83	7	
回盲部	114	17	
大肠	49	6	
肠壁有无血流信号 n (%)			0.001
有血流信号	146	8	
无血流信号	100	22	
腹腔有无积液 n (%)			0.001
有腹腔积液	80	19	
无腹腔积液	166	11	
套鞘内外有无淋巴结肿大 n (%)			0.602
有淋巴结肿大	237	30	
无淋巴结肿大	9	0	
有无使用间苯三酚 n (%)			0.218
使用间苯三酚	60	11	
不使用间苯三酚	186	19	

续表

有无使用山岩蓼碱 n (%)			0.058
使用	115	22	
不使用	131	8	
有无继发因素 n (%)			0.060
有	5	3	
无	241	27	
有无血便(%)			0.001
有血便	84	10	
无血便	162	20	
白细胞计数( $10^9/L$ )	10.52 ± 4.60	10.17 ± 4.296	0.698
C 反应蛋白(mg/L)	7.33 ± 11.25	4.92 ± 5.63	0.248
单核细胞比例(%)	7.47 ± 5.93	7.12 ± 3.32	0.752
淋巴细胞比例(%)	26.92 ± 16.242	35.02 ± 18.30	0.093
嗜酸性细胞比例(%)	1.17 ± 1.53	1.45 ± 1.85	0.349
套块直径 mm	35.85 ± 14.62	43.53 ± 14.512	0.006
肠套叠复位后禁食时间(小时)	10.72 ± 7.47	11.0 ± 8.62	0.795
体温( $^{\circ}C$ )	36.74 ± 0.58	36.73 ± 0.54	0.985
发病至灌肠时间(小时)	13.19 ± 9.605	12.42 ± 8.273	0.671
体重(kg)	16.11 ± 6.78	15.3 ± 6.34	0.156

### 3.1. 训练集患者多因素分析

具有统计学意义的复发的相关因素带入 Logistic 回归模型中进行分析, 经多因素分析显示: 套块直径, 肠壁血流信号, 腹腔积液, 血便差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 被认为是复发的独立危险因素, 而年龄( $p = 0.102$ )不是结石术后复发的危险因素。结果见表 2。

**Table 2.** Multifactorial Logistic regression analysis of the risk of recurrence of intussusception

**表 2.** 肠套叠复发风险的多因素 Logistic 回归分析

预测因子	B	SE	Wald	OR (95% CI)	P
年龄	0.015	0.009	2.681	1.015 (0.997~1.033)	0.102
套块直径	0.048	0.017	8.167	1.049 (1.015~1.084)	0.004
肠壁血流信号	-1.514	0.474	10.195	0.22 (0.087~0.557)	0.001
腹腔积液	1.063	0.44	5.839	2.894 (1.222~6.852)	0.016
血便	1.43	0.449	10.127	4.177 (1.732~10.074)	0.001

### 3.2. 复发预测模型构建及列线图可视化

通过回归分析得到套块直径, 肠壁血流信号, 腹腔积液, 血便这 4 个预测因子后, 通过二元 Logistic 回归分析。得到回归系数、OR 值(95% CI)及 P 值, 结果见表 3。

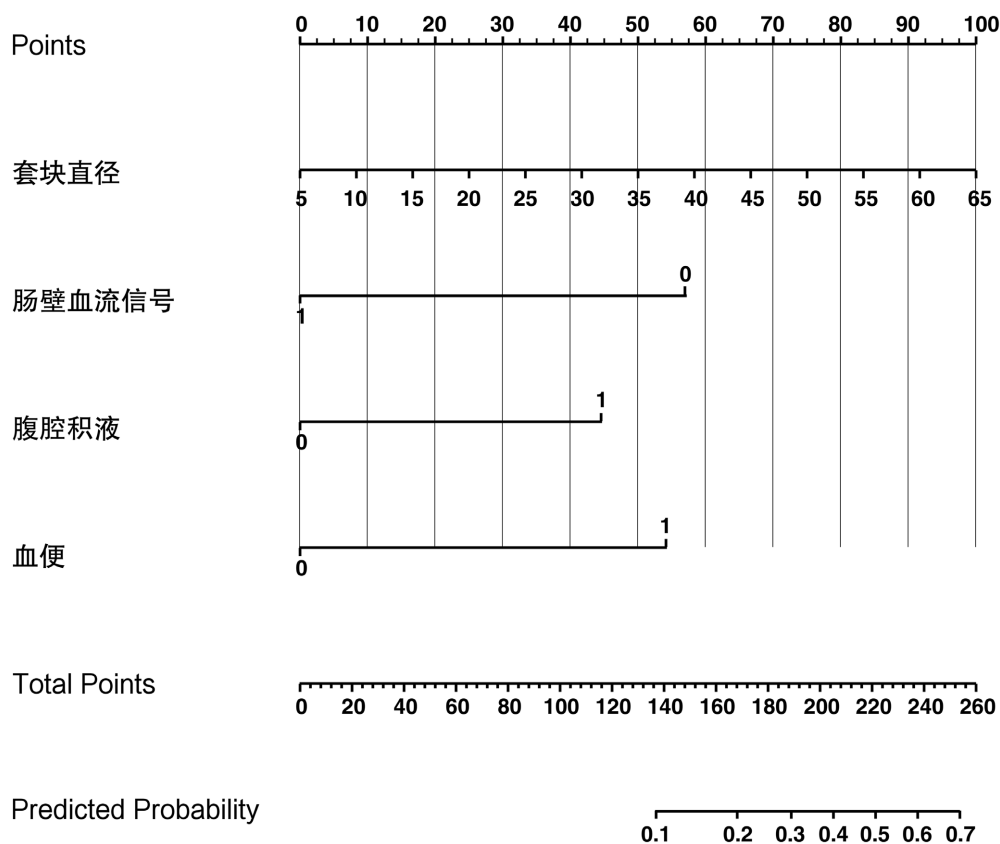
**Table 3.** Predictors of Logistic regression prediction model and statistical test results**表 3.** Logistic 回归预测模型的预测因子及统计检验结果

预测因子	B	SE	Wald	OR (95% CI)	P
套块直径	0.044	0.016	7.256	1.045 (1.012~1.078)	0.007
肠壁血流信号	-1.503	0.467	10.357	0.222 (0.089~0.556)	0.001
腹腔积液	1.175	0.433	7.371	3.239 (1.387~7.568)	0.007
血便	1.423	0.445	10.21	4.149 (1.733~9.931)	0.001

根据表 3 中多因素分析中各因素 P 值构建预测模型，公式为： $\text{Prob} = 1/(1 + e^{-Y})$ ， $Y = -4.513 + 0.044 * \text{套块直径} - 1.503 * \text{肠壁血流信号}$  (肠壁无血流信号记为 0，肠壁有血流信号记为 1) + 1.175 \* 腹腔积液 (腹腔无积液记为 0，腹腔有积液记为 1) + 1.423 \* 血便 (无血便记为 0，有血便记为 1)。

### 3.3. 构建并验证肠套叠空气灌肠复位成功后复发预测模型

基于建模组多因素分析筛选出的 4 个独立危险因素构建 Nomogram 预测模型，用以预测肠套叠空气灌肠复位成功后复发的个体概率见图 1。Nomogram 显示，套块直径越大对肠套叠空气灌肠复位成功后复发影响最大。套块直径、腹腔积液和血便对复发的影响大致相同。所构建模型 AUC 为 0.82，验证队列 AUC 为 0.70，提示模型对于复发预测的能力较好，见图 2。模型的校准曲线显示了预测与观察之间一致性也较为不错，见图 3。

**Figure 1.** Columnar graphical model of the risk of recurrence of intussusception**图 1.** 肠套叠复发风险列线图模型

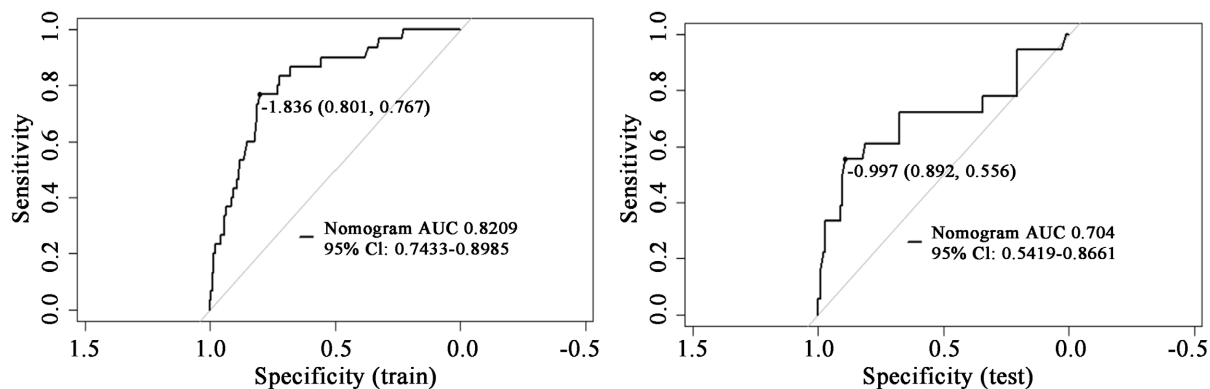


Figure 2. ROC curve evaluating the predictive value of the model

图 2. ROC 曲线评价模型的预测价值

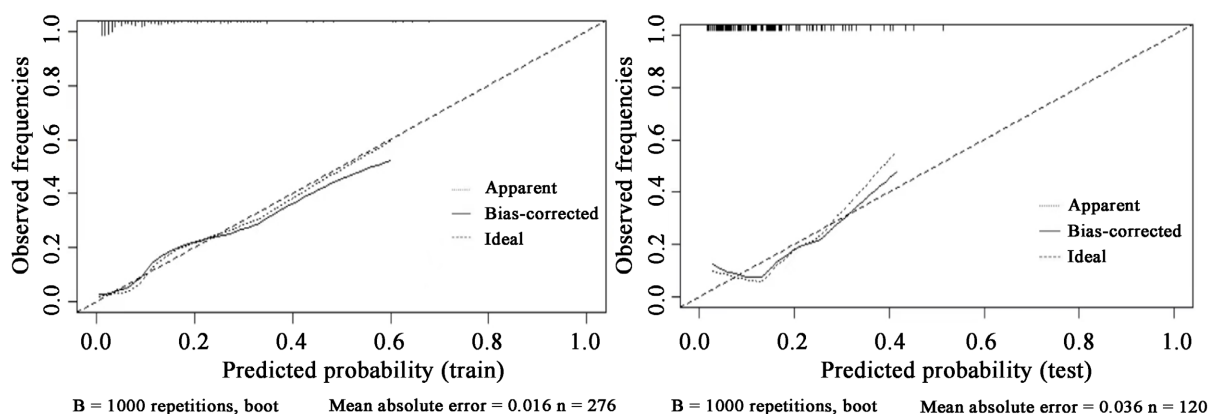


Figure 3. Calibration curve of the recurrence prediction model for intussusceptions

图 3. 肠套叠复发预测模型的校准曲线

#### 4. 讨论

肠套叠的主要发病机制根植于肠道蠕动的异常，这导致患儿的肠管在其连接的肠腔中套入，从而引起肠道内容物的受阻。这种状况通常表现为阵发性腹痛，同时伴随着腹部包块、呕吐等症状。该疾病具有急性发作的特点，病情进展迅速。若未及时得到有效治疗，可能发展成为严重的并发症，包括但不限于肠穿孔和肠坏死[7]，对患儿的生命健康造成严重影响。而复发性肠套叠非手术治疗发生率约为10%~15% [2]，超声检查是大多数医疗机构诊断肠套叠的首选方法，优点是无辐射，其敏感性接近100%，特异性88%~100% [8]，还具有PLP检出率高的优势。肠套叠的典型超声表现包括腹部右侧的横切面呈现的“靶向”或“同心圆”征，以及纵切面呈现的“伪肾”或“套筒”征。2022~2023年，我院肠套叠患儿经X线引导下空气灌肠成功后复发率达12%。成功复位肠套叠后的复发情况及复发次数对于临床治疗方案的选择具有重要影响，因此，对复发进行有效预测能够为临床干预提供及时的决策支持。

在本项研究中，我们观察到肠套叠的直径、血便现象、肠壁的血流信号以及腹腔积液都是影响肠套叠患者在接受X线引导下空气灌肠复位术成功后再次复发的风险因素。此外，相比于非肥胖儿童，肥胖儿童的肠套叠发生率更高，这表明肥胖可能增加了肠套叠发生的风险，尽管相关的作用机理目前仍然不明确[9]。本研究并未发现肠套叠复发与体重之间具有相关性。

在儿童肠套叠的诊断和管理中，影像学评估对于理解病情的严重程度至关重要。当肠套叠发生时，受影响的肠段会嵌入相邻的肠段，造成梗阻。这种情况下，通过影像学可以观察到套块直径的增加，这



不仅反映了肠壁水肿的程度，也显示了嵌入的肠管层数。病程较长、肠壁水肿显著，以及多层肠段的嵌入，都会导致套块直径的增加。这些因素也与灌肠后肠蠕动能力的减弱和复发风险的增加相关。

临床上，肠套叠患儿出现血便和腹腔积液是严重程度的指标。血便表明了肠内渗出，而腹腔积液则指示了肠外渗出[10]。这些现象不仅反映了肠套叠的持续时间，也可能预示着更高的复发风险和腹膜炎的发展，需要及时的手术干预[11][12]。

在本研究中，虽然大多数小儿肠套叠案例属于原发性，但也有少数是由其他疾病引起的继发性肠套叠[13]。在复发组中的30例继发性肠套叠患者在首次通过X线引导的空气灌肠复位术后发生了复发。其中有3例存在继发性因素，但其未具有统计学差异( $P = 0.06$ )，可能由于数据收集时，由于某些实验室检查缺失导致样本量不够。

超声检查中，如果观察到嵌套肠段没有血流信号，这可能预示着更高的复发风险。在肠套叠初期，首先会出现肠壁静脉回流受阻。如果病程较长或嵌套过紧，可能会导致动脉缺血甚至肠壁坏死。这种情况下，即便X线引导的灌肠治疗成功，由于肠壁血供恢复不佳，肠蠕动功能难以完全恢复，从而增加了复发的风险。

综上所述，肠套叠套块直径、血便、腹腔积液、肠壁血流信号是X线引导下小儿肠套叠空气灌肠复位成功后复发的危险因素。

有研究发现，肠套叠复位后过早进食也会增加复位后复发风险。以往也有相关报道[14]。这一现象可能是因为灌肠复位术后，患儿的肠套叠相关症状往往会迅速得到缓解，导致他们很快表现出想要进食的欲望。然而，此时患儿的肠道功能尚未完全恢复正常。如果在复位术后过早地进食，可能会引起肠道痉挛或功能性紊乱，从而增加肠套叠再次发生的风险。因此，建议复位后应禁食6~24小时，减少肠蠕动，避免早期喂养后刺激肠蠕动。但本研究并未发现进食的时间对于肠套叠复发具有差异性，可能由于患者家属给予进食时间与记录时间具有差异，并为能完全准确的记录。

本研究是回顾性研究，所得结论需要更多的临床数据来验证；本研究中病程时间可能由于家长叙述有误或登记时存在差错，可能对结果造成了一定的偏移。验证集中ROC曲线的AUC较训练集下降了0.12，可能是由于样本量不足，验证集中复发人数仅为18人，可能存在样本量偏差。这可能需要更多的病例来补充。在未来能进一步收集数据使其预测价值更高。综上所述，该预测模型预测肠套叠空气复位后复发的风险具有一定的预测能力，但未来仍需开展多中心、大样本的临床研究来协助临床医生制定个体化治疗策略。

## 基金项目

吉首大学校级科研项目资助(Jdzd23001)。

## 参考文献

- [1] Edwards, E.A., Pigg, N., Courtier, J., *et al.* (2017) Intussusception: Past, Present and Future. *Pediatric Radiology*, **47**, 1101-1108. <https://doi.org/10.1007/s00247-017-3878-x>
- [2] 闫玉玺, 刘庆华, 刘小芳, 等. 小儿继发性肠套叠超声表现[J]. 中国医学影像技术, 2019, 35(1): 91-94.
- [3] Litz, C.N., Amankwah, E.K., Polo, R.L., *et al.* (2019) Outpatient Management of Intussusception: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Pediatric Surgery*, **54**, 1316-1323. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2018.09.019>
- [4] Gray, M.P., Li, S.H., Hoffmann, R.G., *et al.* (2014) Recurrence Rates after Intussusception Enema Reduction: A Meta-Analysis. *Pediatrics*, **134**, 110-119. <https://doi.org/10.1542/peds.2013-3102>
- [5] Simanovsky, N., Issachar, O., Koplewitz, B., *et al.* (2019) Early Recurrence of Ileocolic Intussusception after Successful Air Enema Reduction: Incidence and Predisposing Factors. *Emergency Radiology*, **26**, 1-4. <https://doi.org/10.1007/s10140-018-1635-6>



- 
- [6] 张延龄. 肠梗阻时肠缺血的早期发现[J]. 中国实用外科杂志, 2000, 20(8): 453-454.
- [7] 胡蕾, 叶显俊, 朱宇飞, 等. 超声引导下水压灌肠治疗小儿肠套叠后复发危险因素[J]. 中国介入影像与治疗学, 2020, 17(8): 484-488.
- [8] Weemhoff, M., Kluivers, K.B., Govaert, B., *et al.* (2013) Transperineal Ultrasound Compared to Evacuation Proctography for Diagnosing Enterocoeles and Intussusceptions. *International Journal of Colorectal Disease*, **28**, 359-363. <https://doi.org/10.1007/s00384-012-1567-7>
- [9] Bodnar, D., Kiss, A.L. and Reti, G. (2020) Modern Understanding of Intussusception and Recent Trends in Management. *Orvosi Hetilap*, **161**, 1331-1338. <https://doi.org/10.1556/650.2020.31779>
- [10] 何年安, 展凤麟, 祝小茜, 等. 超声引导下水压灌肠治疗小儿肠套叠多因素分析[J]. 临床超声医学杂志, 2007, 9(10): 599-601.
- [11] He, N., Zhang, S., Ye, X., *et al.* (2014) Risk Factors Associated with Failed Sonographically Guided Saline Hydrostatic Intussusception Reduction in Children. *Journal of Ultrasound in Medicine*, **33**, 1669-1675. <https://doi.org/10.7863/ultra.33.9.1669>
- [12] Gfroerer, S., Fiegel, H. and Rolle, U. (2016) Ultrasound-Guided Reduction of Intussusception: A Safe and Effective Method Performed by Pediatric Surgeons. *Pediatric Surgery International*, **32**, 679-682. <https://doi.org/10.1007/s00383-016-3898-x>
- [13] 陆文明, 沈艳, 李金晶. 实时超声灌肠充盈检查诊断小儿继发性肠套叠的临床价值[J]. 中国超声医学杂志, 2018, 34(7): 637-640.
- [14] Hutchason, A., Sura, A., Vettikattu, N., *et al.* (2020) Clinical Management and Recommendations for Children with More than Four Episodes of Recurrent Intussusception Following Successful Reduction of Each: An Institutional Review. *Clinical Radiology*, **75**, 864-867. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2020.08.009>