

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2026.03.034

儿童重症肺炎诱发呼吸衰竭风险预测 列线图模型的构建与验证

李本哲, 丁增南, 张 谦, 安 静

(许昌市中心医院儿童重症监护室, 河南许昌 461000)

【摘要】目的 探讨儿童重症肺炎诱发呼吸衰竭的危险因素,并基于上述因素构建可视化列线图预测模型。**方法** 回顾性收集 2021 年 1 月至 2023 年 12 月许昌市中心医院儿科住院的重症肺炎患儿 223 例,入院后 24 h 内采集临床、实验室及影像学资料;通过 SPSS 26.0 按 7:3 比例进行计算机随机抽样,分为训练集($n=156$ 例)与验证集($n=67$ 例)。以是否发生呼吸衰竭为结局变量,对全部候选变量先做单因素分析,将 $P<0.05$ 的变量纳入多因素 Logistic 回归(Enter 法),同时报告方差膨胀因子(variance inflation factors, VIF)以排查共线性;最终保留 $P<0.05$ 的变量构建 Nomogram 预测模型。模型评价采用受试者操作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线、Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验、校准曲线与决策曲线分析(decision curve analysis, DCA),并通过 1 000 次 Bootstrap 重抽样得到偏倚校正的曲线下面积(area under the curve, AUC)与校准斜率,以评估模型的内部稳定性。**结果** 训练集呼吸衰竭发生率为 39.74%(62/156),验证集为 38.81%(26/67),两组发生率比较差异无统计学意义($\chi^2=0.018, P=0.893$)。多因素 Logistic 回归筛选出 6 项独立相关因素:低氧血症、急性生理与慢性健康状况评分系统 II (acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II) ≥ 15 分、年龄 < 3 岁、多叶浸润、白细胞介素-6(interleukin-6, IL-6)升高、降钙素原(procalcitonin, PCT) > 0.5 ng/ml;所有变量 VIF 均 < 5 ,未见显著共线性。训练集 AUC 为 0.827(95%CI: 0.756 ~ 0.892),最佳截断处敏感度为 79.03%、特异度为 73.40%;验证集 AUC 为 0.749(95%CI: 0.625 ~ 0.861)。Hosmer-Lemeshow 检验训练集 $\chi^2=5.898, P=0.659$,验证集 $\chi^2=5.743, P=0.676$,提示模型校准可接受。1 000 次 Bootstrap 重抽样得偏倚校正 AUC 为 0.794,校准斜率 0.831(95%CI: 0.558 ~ 1.165),截距 -0.102(95%CI: -0.525 ~ 0.378)。DCA 结果显示,在阈值概率 2% ~ 88% 范围内,模型的净获益高于全干预方案与不干预方案。**结论** 本研究基于 6 个入院早期可获得的指标构建的列线图模型,在本中心数据集中表现出尚可的判别力与校准度,可作为呼吸衰竭早期风险分层的参考。鉴于该模型目前仅完成内部验证,受限于单中心、回顾性设计及验证集样本规模,模型的外推性仍需通过多中心、前瞻性研究验证。

【关键词】 儿童;重症肺炎;呼吸衰竭;列线图预测模型;危险因素**【中图分类号】** R563.1**【文献标志码】** A

文章编号: 1674-1242 (2026) 03-0183-06

Construction and validation of a Nomogram model for predicting risk of respiratory failure induced by severe pneumonia in children

LI Benzhe, DING Zengnan, ZHANG Qian, AN Jing

(Pediatric Intensive Care Unit, Xuchang Central Hospital, Xuchang 461000, Henan, China)

【Abstract】Objective To identify risk factors for respiratory failure induced by severe pneumonia in children and to develop a Nomogram prediction model. **Methods** A total of 223 children with severe pneumonia admitted in Xuchang Central Hospital from January 2021 to December 2023 were retrospectively enrolled. Clinical, laboratory and radiological data were collected within 24 h of admission. Cases were randomly divided into a training set ($n=156$) and a validation set ($n=67$) at a 7 vs. 3 ratio via computerized random sampling in SPSS 26.0. Candidate variables with $P<0.05$ in univariate analysis were entered into multivariate Logistic regression (Enter method); variance inflation factors (VIF) were calculated to assess multicollinearity. Finally, the variables with a P value less than 0.05 were retained to construct the Nomogram prediction model. Discrimination, calibration and clinical utility were evaluated using receiver operator characteristic (ROC) curve, Hosmer-Lemeshow test, calibration curves and decision curve analysis (DCA). Internal validation was performed by 1 000 bootstrap resamples, yielding optimism-corrected area under the curve (AUC) and calibration slope. **Results** The incidence of respiratory failure in the training set was 39.74% (62/156), and in the validation set it was 38.81% (26/67).

收稿日期: 2025-06-08。

作者简介: 李本哲, 本科, 主治医师, 研究方向: 儿童重症肺炎。E-mail: 15188376900@163.com。

There was no statistically significant difference in the incidence between the two groups ($\chi^2=0.018$, $P=0.893$). Multivariate Logistic regression identified 6 independent factors: hypoxemia, acute physiology and chronic health evaluation II score ≥ 15 points, age < 3 years, multi-lobe infiltration, elevated interleukin-6 (IL-6), and procalcitonin (PCT) > 0.5 ng/ml. All variables had a VIF of < 5 , and no significant multicollinearity was observed. The AUC of the training set was 0.827 (95%CI: 0.756 – 0.892), with a sensitivity of 79.03% and a specificity of 73.40% at the optimal cut-off point. The AUC of the validation set was 0.749 (95%CI: 0.625 – 0.861). The Hosmer-Lemeshow test showed that the χ^2 value for the training set was 5.898, $P=0.659$, and for the validation set it was 5.743, $P=0.676$, indicating acceptable model calibration. The bias-corrected AUC obtained from 1,000 Bootstrap resampling was 0.794, the calibration slope was 0.831 (95%CI: 0.558 – 1.165), and the intercept was -0.102 (95%CI: -0.525 – 0.378). The DCA results showed that the net benefit of the model was higher than that of the full intervention and no-intervention schemes within the threshold probability range of approximately 2% to 88%. **Conclusion** The Nomogram model constructed based on six early available indicators upon admission demonstrated acceptable discrimination and calibration in the dataset of this center, and can be used as a reference for early risk stratification of respiratory failure. Given that the current validation of this model is limited to internal validation and constrained by the single-center, retrospective design, and the sample size of the validation set, the extrapolability of the model still needs to be verified through multi-center, prospective studies.

【Key words】Children; Severe pneumonia; Respiratory failure; Nomogram prediction model; Risk factors

肺炎迄今仍居全球5岁以下儿童感染性死因之首,在中低收入国家和地区尤为突出^[1]。作为儿童重症疾病的代表性病种,15%~30%的重症肺炎患儿病程中会出现呼吸衰竭,该阶段病死率可高达20%以上^[2]。既往针对重症肺炎诱发呼吸衰竭的研究多聚焦于单一指标或数个孤立因素^[3-4],尚未形成可直接用于床旁的综合预测工具。基于此,本研究纳入许昌市中心医院2021年1月至2023年12月收治的223例重症肺炎住院患儿,回顾性分析其临床资料,按规范化统计流程筛选呼吸衰竭的独立相关因素,构建可视化列线图模型,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性收集2021年1月至2023年12月许昌市中心医院儿科住院的重症肺炎病例223例,通过SPSS 26.0按7:3比例进行计算机随机抽样,分为训练集($n=156$ 例)与验证集($n=67$ 例)。纳入标准:①月龄 ≥ 1 个月且 ≤ 14 岁;②所有入组患儿的临床症状、体征及影像学检查结果均符合《儿童社区获得性肺炎管理指南(2013修订)(上)》中重症肺炎的诊断标准^[5];③入院时病历、检验及影像学资料完整。排除标准:①原发性或继发性免疫缺陷;②慢性肺疾病(支气管肺发育不良、囊性纤维化等);③先天性心脏病;④在院期间改诊为院内获得性肺炎;⑤关键数据缺失。训练集156例中,住院期间发生呼吸衰竭62例(衰竭组),未发生94例(非衰竭组);验证集67例中,发生呼吸衰竭26例,未发生41例。本研究呼吸衰竭判定标准:受试者于海平面、自然空气吸入状态下行动脉血气分析,以动脉血氧分压(partial

pressure of arterial oxygen, PaO_2) < 60 mmHg 和/或动脉血二氧化碳分压(partial pressure of arterial carbon dioxide, PaCO_2) > 50 mmHg 作为呼吸衰竭诊断依据。本研究已通过许昌市中心医院伦理委员会审查(批件号:2024-02-013),所有患者均豁免知情同意。

1.2 资料采集

所有指标均取自患儿入院后24 h内的首次检测或首次评估结果,以准确反映其起病及收治时的基线病情状态。采集变量涵盖以下类别:人口学与出生史(年龄、性别、出生体重、出生抢救史)、生命体征(呼吸频率)、合并情况(肺损伤、医院感染、合并基础疾病)、治疗相关因素(抗菌药物联合使用情况)、实验室指标[白细胞计数(white blood cell count, WBC)、血小板计数(platelet count, PLT)、血红蛋白(hemoglobin, Hb)、C反应蛋白(C-reactive protein, CRP)、降钙素原(procalcitonin, PCT)、白细胞介素-6(interleukin-6, IL-6)、血清白蛋白(albumin, ALB)水平]、影像学(肺部浸润范围)、病情评分[急性生理与慢性健康状况评分系统II(acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II)评分]、营养状况及血气参数。数据由2名研究人员独立提取并交叉核验;影像学结果由放射科2位主治医师及以上医师盲法阅片。

1.3 呼吸衰竭评价标准

参照《儿科学》第9版及相关诊疗指南^[6],呼吸衰竭诊断标准:受试者于海平面、自然空气吸入状态下行动脉血气分析,以 $\text{PaO}_2 < 60$ mmHg 为 I 型呼吸衰竭; $\text{PaO}_2 < 60$ mmHg 伴 $\text{PaCO}_2 > 50$ mmHg 为 II 型呼吸衰竭。同时参考临床表现,包括呼吸频率明显增快或减慢、发绀、意识障碍、经皮血氧饱和度持续低

于 90% 等。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学处理。所有变量均按预先设定的临床阈值进行二分类处理,参照组明确标注于变量赋值表。组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法(任一格期望频数 <5 时)。多因素分析采用 Logistic 回归(Enter 法):将单因素分析中 $P<0.05$ 的全部变量同时纳入回归方程,并报告每个变量的方差膨胀因子(variance inflation factor, VIF)以诊断多重共线性,VIF <5 为可接受、 <10 为不应严重。最终保留多因素回归中 $P<0.05$ 的变量作为独立危险因素,并以此构建 Nomogram 模型。模型性能评估包含三个维度:(1)区分度 绘制受试者操作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线,计算曲线下面积(area under

the curve, AUC)及其 95% 置信区间(95% confidence interval, 95%CI),并报告约登指数最大时的敏感度与特异度;(2)校准度 采用 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验,并绘制校准曲线,结合 Brier 评分综合评价;(3)临床适用度 决策曲线分析(decision curve analysis, DCA)评估模型的临床净获益,计算不同阈值概率下模型的净获益值。在此基础上,再进行 1 000 次 Bootstrap 重抽样以获得偏倚校正 AUC、校准斜率与校准截距,进一步评估模型的内部稳定性。所有检验取双侧, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

训练集与验证集患儿一般资料比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$),两组基线具有可比性(表 1)。

表 1 训练集、验证集一般资料比较[例(%)]

变量	训练集 ($n=156$)	验证集 ($n=67$)	χ^2/t	P
年龄 <3 岁	61 (39.10)	25 (37.31)	0.063	0.801
男性	96 (61.54)	36 (53.73)	1.183	0.277
出生体重 $<2\,500\text{ g}$	31 (19.87)	18 (26.87)	1.337	0.248
出生抢救史	21 (13.46)	12 (17.91)	0.736	0.391
呼吸频率升高	94 (60.26)	40 (59.70)	0.006	0.938
合并肺损伤	34 (21.79)	20 (29.85)	1.657	0.198
医院感染	46 (29.49)	24 (35.82)	0.873	0.350
抗菌药物联合使用	83 (53.21)	40 (59.70)	0.800	0.371
WBC 升高	74 (47.44)	32 (47.76)	0.002	0.964
PLT 降低	34 (21.79)	12 (17.91)	0.432	0.511
Hb 降低	39 (25.00)	13 (19.40)	0.821	0.365
CRP $>10\text{ mg/L}$	84 (53.85)	40 (59.70)	0.651	0.420
PCT $>0.5\text{ ng/ml}$	53 (33.97)	26 (38.81)	0.478	0.489
IL-6 升高	63 (40.38)	32 (47.76)	1.043	0.307
ALB $<30\text{ g/L}$	50 (32.05)	22 (32.84)	0.013	0.909
多叶浸润	64 (41.03)	30 (44.78)	0.270	0.603
APACHE II ≥ 15 分	58 (37.18)	19 (28.36)	1.613	0.204
营养不良	52 (33.33)	27 (40.30)	0.994	0.319
低氧血症	65 (41.67)	27 (40.30)	0.036	0.849
高碳酸血症	57 (36.54)	21 (31.34)	0.556	0.456
合并基础疾病	34 (21.79)	16 (23.88)	0.117	0.732

注: WBC 为白细胞; PLT 为血小板; Hb 为血红蛋白; CRP 为 C 反应蛋白; PCT 为降钙素原; IL-6 为白细胞介素-6; ALB 为白蛋白; APACHE II 为急性生理与慢性健康状况评分系统 II。

2.2 诱发呼吸衰竭的单因素分析

训练集患儿呼吸衰竭发生率为 39.74%(62/156); 验证集患儿呼吸衰竭发生率为 38.81%(26/67), 两组呼吸衰竭发生率比较差异无统计学意义($\chi^2=0.018$, $P=0.893$)。训练集单因素分析显示, 衰竭组与非衰竭组在年龄 <3 岁、PLT 降低、PCT $>0.5\text{ ng/ml}$ 、IL-6 升高、多叶浸润、APACHE II ≥ 15 分、低氧血症 7 个变量上的差异有统计学意义(均 $P<0.05$)(表 2)。

2.3 多因素 Logistic 回归变量赋值

将单因素分析中差异有统计学意义的 7 个变量作为自变量纳入多因素 Logistic 回归, 因变量为是否发生呼吸衰竭(发生=1, 未发生=0), 自变量赋值见表 3。

2.4 多因素 Logistic 回归分析

上述 7 个候选变量同时纳入回归前, 先行多重共线性诊断。结果显示: 各候选变量 VIF 均低于常

表2 训练集衰竭组与非衰竭组单因素分析[例(%)]

变量	衰竭组 (n=62)	非衰竭组 (n=94)	χ^2	P
年龄<3岁	30 (48.39)	32 (34.04)	8.121	0.004
性别(男)	38 (61.29)	58 (61.70)	0.003	0.959
出生体重<2 500 g	14 (22.58)	19 (20.21)	0.131	0.718
出生抢救史(有)	9 (14.52)	13 (13.83)	0.015	0.903
呼吸频率升高	38 (61.29)	57 (60.64)	0.007	0.934
合并肺损伤(有)	17 (27.42)	20 (21.28)	0.827	0.363
医院感染(有)	20 (32.26)	29 (30.85)	0.034	0.853
抗菌药物联合使用	36 (58.06)	47 (50.00)	0.998	0.318
WBC升高	31 (50.00)	44 (46.81)	0.157	0.692
PLT降低	21 (33.87)	17 (18.09)	5.353	0.021
Hb降低	16 (25.81)	22 (23.40)	0.124	0.725
CRP>10 mg/L	31 (50.00)	53 (56.38)	0.637	0.425
PCT>0.5 ng/ml	28 (45.16)	24 (25.53)	6.697	0.010
IL-6升高	31 (50.00)	32 (34.04)	4.123	0.042
ALB<30 g/L	21 (33.87)	29 (30.85)	0.162	0.687
多叶浸润	32 (51.61)	30 (31.91)	6.355	0.012
APACHE II ≥15分	31 (50.00)	25 (26.60)	9.121	0.003
营养不良(有)	21 (33.87)	30 (31.91)	0.067	0.796
低氧血症(有)	33 (53.23)	31 (32.98)	6.469	0.011
高碳酸血症(有)	24 (38.71)	33 (35.11)	0.213	0.645
合并基础疾病(有)	14 (22.58)	22 (23.40)	0.015	0.904

注: WBC 为白细胞; PLT 为血小板; Hb 为血红蛋白; CRP 为 C 反应蛋白; PCT 为降钙素原; IL-6 为白细胞介素-6; ALB 为白蛋白; APACHE II 为急性生理与慢性健康状况评分系统 II。

表3 多因素 Logistic 回归变量赋值表

变量	赋值方式
年龄	<3岁=1, ≥3岁=0
PLT	降低=1, 正常=0
PCT	>0.5 ng/ml=1, ≤0.5 ng/ml=0
IL-6	升高=1, 正常=0
肺部浸润范围	多叶=1, 单叶=0
APACHE II 评分	≥15分=1, <15分=0
低氧血症	有=1, 无=0

注: PLT 为血小板; PCT 为降钙素原; IL-6 为白细胞介素-6; APACHE II 为急性生理与慢性健康状况评分系统 II。

用阈值 5, 提示候选变量之间不存在显著共线性, 可同时进入回归方程。将上述 7 个变量纳入多因素 Logistic 回归(Enter 法), 结果显示, PLT 降低在多因素调整后未达统计学意义($P>0.05$)而从模型中剔除, 最终保留 6 个变量。结果提示: 低氧血症、APACHE II 评分≥15 分、年龄<3 岁、多叶浸润、IL-6 升高、PCT>0.5 ng/ml, 均为儿童重症肺炎诱发呼吸衰竭的独立相关因素(均 $P<0.05$)(表 4)。

2.6 列线图模型构建构建

基于上述 6 个变量构建列线图(图 1)。回归方程: $\text{Logit}(P) = -3.876 + 1.438 \times \text{低氧血症} + 1.246 \times \text{APACHE II} \geq 15 \text{分} + 1.177 \times \text{年龄} < 3 \text{岁} + 1.095 \times \text{多叶浸润} + 1.014 \times \text{IL-6 升高} + 0.897 \times \text{PCT} > 0.5 \text{ ng/ml}$ 。

表4 儿童重症肺炎诱发呼吸衰竭的多因素 Logistic 回归分析

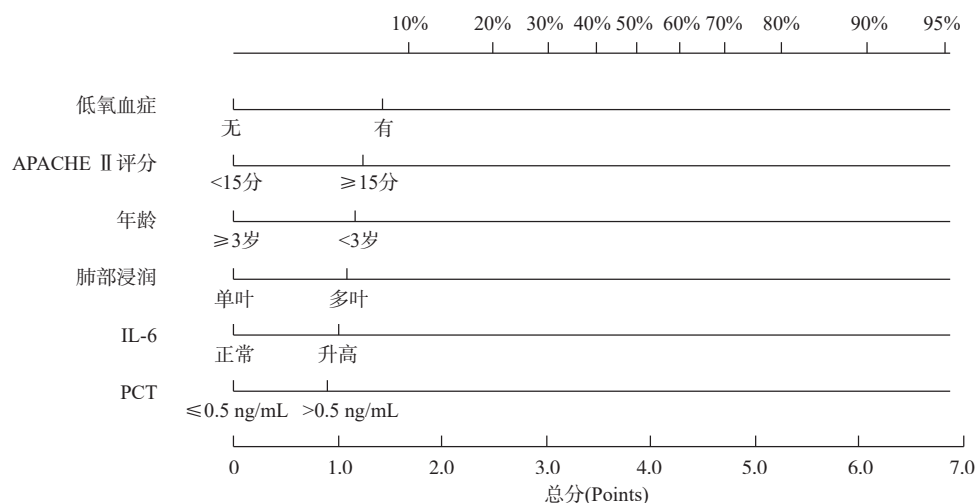
变量	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI
低氧血症	1.438	0.452	10.124	0.001	4.212	1.746 ~ 10.158
APACHE II ≥15分	1.246	0.431	8.358	0.004	3.478	1.508 ~ 8.024
年龄<3岁	1.177	0.452	6.786	0.009	3.245	1.348 ~ 7.812
多叶浸润	1.095	0.429	6.516	0.011	2.987	1.298 ~ 6.873
IL-6升高	1.014	0.433	5.482	0.019	2.756	1.188 ~ 6.395
PCT>0.5 ng/ml	0.897	0.445	4.065	0.044	2.451	1.031 ~ 5.826
常数项	-3.876	0.612	40.132	<0.001	—	—

注: APACHE II 为急性生理与慢性健康状况评分系统 II; IL-6 为白细胞介素-6; PCT 为降钙素原。

2.7 模型评价

(1) 区分度。训练集 ROC 曲线 AUC 为 0.827 (95%CI: 0.756 ~ 0.892), 约登指数最大时敏感度为 79.03%, 特异度为 73.40%; 验证集 AUC 为 0.749 (95%CI: 0.625 ~ 0.861)(图 2)。

(2) 校准度。Hosmer-Lemeshow 检验训练集 $\chi^2 = 5.898$, $P = 0.659$; 验证集 $\chi^2 = 5.743$, $P = 0.676$ 。Brier 评分训练集 0.155, 验证集 0.185。校准曲线显示预测概率与实际观测概率一致性良好。

图1 儿童重症肺炎诱发呼吸衰竭风险预测列线图($n=223$)

注: APACHE II 为急性生理与慢性健康状况评分系统 II; IL-6 为白细胞介素-6; PCT 为降钙素原。

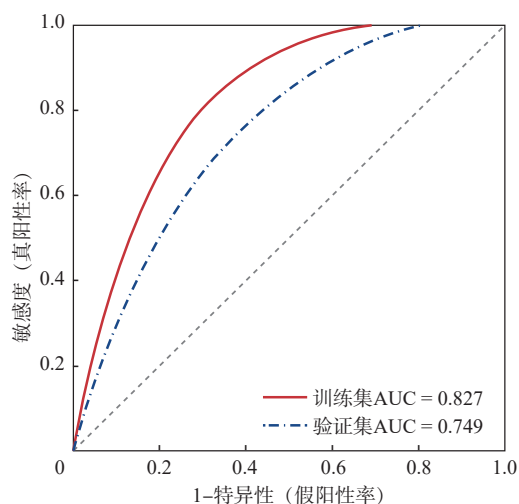


图2 列线图模型 ROC 曲线(训练集与验证集)

注: ROC 为受试者操作特征; AUC 为曲线下面积。

(3) 内部稳定性(Bootstrap 内部验证)。1 000 次 Bootstrap 重抽样得到偏倚校正 AUC 为 0.794, 平均乐观偏倚 0.033; 校准斜率为 0.831 (95%CI: 0.558 ~ 1.165), 截距 -0.102 (95%CI: -0.525 ~ 0.378) (图3)。

(4) 临床适用度。DCA 显示, 在阈值概率约 2% ~ 88% 范围内, 模型的净获益高于全干预和不干预方案(图4)。

3 讨论

重症肺炎是儿科最常见的危重感染性疾病之一, 肖菲等研究发现, 肺部感染可引起气道黏膜肿胀、分泌物滞留、气道阻塞, 造成通气与换气功能受损, 病情进展至严重阶段时可诱发呼吸衰竭, 直接危及患儿生命^[7]。目前无创磁共振检查在儿科领域安

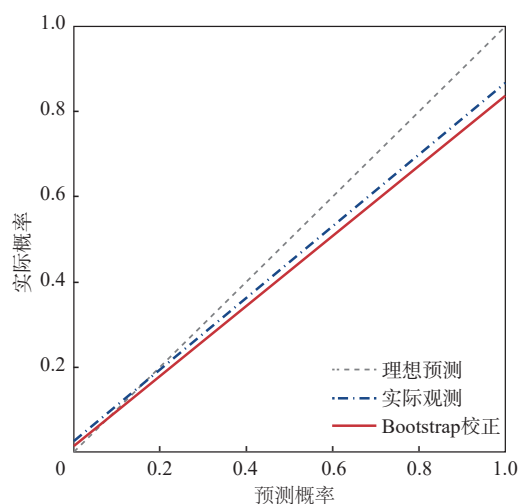


图3 列线图模型校准曲线(含 1000 次 Bootstrap 校正)

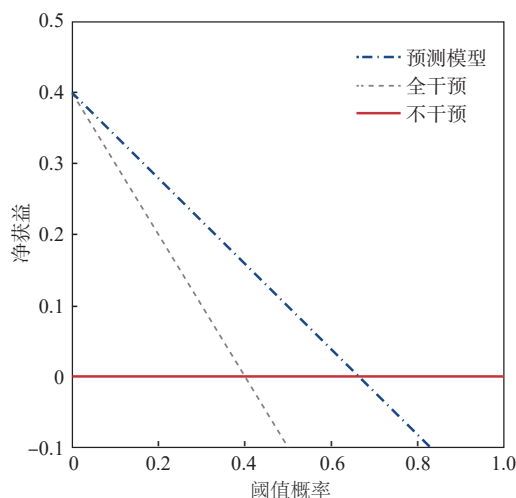


图4 列线图模型 DCA 图(训练集)

注: DCA 为决策曲线分析。

全性良好,临床应用广泛^[8]。但单纯依靠影像学指标无法准确评估患儿病情,因此系统识别重症肺炎进展为呼吸衰竭的相关危险因素,对改善预后、提高救治成功率具有一定参考意义。

本研究纳入 223 例患儿,训练集呼吸衰竭发生率为 39.74%,验证集为 38.81%。多因素 Logistic 回归分析显示,低氧血症、APACHE II 评分 ≥ 15 分、年龄 < 3 岁、肺部多叶浸润、IL-6 升高及 PCT > 0.5 ng/ml 是儿童重症肺炎进展为呼吸衰竭的独立相关因素。林立^[9]研究认为,PCT、IL-6 可分别反映细菌感染负荷与下游炎症应答水平,二者同步升高常提示感染失控、器官损伤呈进行性加重趋势。APACHE II 评分可综合反映疾病严重程度与多器官功能状态,评分越高,患儿呼吸代偿能力越差^[10]。此外,年龄 < 3 岁的低龄患儿肺泡与气道结构尚未发育成熟,免疫应答亦不健全,更易在感染打击下出现失代偿。上述 6 项指标整合后构建的列线图模型,训练集 AUC 为 0.827,验证集 AUC 为 0.749;Bootstrap 偏倚校正 AUC 为 0.794,校准斜率 0.831,整体提示模型具有中等偏上的判别力与可接受的校准度。DCA 分析虽显示在 2%~88% 的较宽阈值范围内模型存在正向净获益,但 DCA 曲线本质上只反映既有数据上的潜在获益结构,能否真正转化为床旁决策支持,仍需在前瞻性干预研究中检验。因此,本研究并不主张以本模型直接替代临床综合判断,而是将其作为入院早期风险分层的辅助参考。

综上,本研究基于年龄、胸部影像浸润范围、PCT、APACHE II 评分、IL-6 及血气指标 6 项入院早期易获取的临床资料,构建了儿童重症肺炎诱发呼吸衰竭的风险预测列线图。但本研究本研究样本量受单中心病例数限制,事件每变量数(events per

variable,EPV) ≈ 6.6 虽满足下限要求,但仍偏低,可能放大 β 估计的方差并影响罕见亚组的预测稳定性。以后可拟联合区域内多家儿童医院开展前瞻性多中心研究,扩大样本量并实施外部验证;同时纳入动态监测指标及新型生物标志物,以进一步评估模型的预测精度与临床适用边界。

参考文献

- [1] 中国妇幼保健协会儿童变态反应专业委员会,《中国实用儿科杂志》编辑委员会,邹映雪,等. 儿童重症肺炎临床预警及早期决策专家共识[J]. 中国实用儿科杂志, 2023, 38 (3): 177-182.
- [2] 马燕, 孟慧, 单鸣凤. 儿童重症肺炎继发心力衰竭的危险因素及预测模型构建[J]. 中华医院感染学杂志, 2025, 35 (22): 3420-3425.
- [3] BALACHANDRAN V P, GONEN M, SMITH J J, *et al.* Nomograms in oncology: more than meets the eye[J]. Lancet Oncol, 2015, 16(4):e173-e180.
- [4] IASONOS A, SCHRAG D, RAJ G V, *et al.* How to build and interpret a nomogram for cancer prognosis[J]. J Clin Oncol, 2008, 26(8):1364-1370.
- [5] 中华医学会儿科学分会呼吸学组,《中华儿科杂志》编辑委员会. 儿童社区获得性肺炎管理指南(2013修订)(上)[J]. 中华儿科杂志, 2013, 51 (10): 745-752.
- [6] 王卫平, 孙锬, 常立文. 儿科学[M]. 第9版. 北京: 人民卫生出版社, 2018: 269-272.
- [7] 肖菲, 李婕, 卢晓燕. 重症肺炎患儿合并呼吸衰竭的危险因素分析及预测模型构建[J]. 中国当代医药, 2026, 33 (1): 68-72.
- [8] ARIYASINGHA N M, OLADUN C, SAMOILENKO A, *et al.* Parahydrogen-Hyperpolarized Propane-d6 Gas Contrast Agent: T1 Relaxation Dynamics and Pilot Millimeter-Scale Ventilation MRI[J]. J Phys Chem A, 2025, 129(19):4275-4287.
- [9] 林立, 李昌崇. “儿童社区获得性肺炎管理指南(2013修订)”解读[J]. 中华妇幼临床医学杂志(电子版), 2014, 10 (6): 24-28.
- [10] 卢玉玲, 黄亮玲, 杨秀珠, 等. 血清淀粉样蛋白A、超敏C反应蛋白、降钙素原联合检测对儿童重症肺炎的早期诊断价值[J]. 吉林医学, 2025, 46 (8): 1861-1864.