

急诊跨院区危重病人转运不良事件的风险预测模型构建及预测效能评估*

温州医科大学附属第二医院成人急诊科(325027) 黄海群 叶挺 陈晓燕 高岭燕[△]

【摘要】目的 探讨急诊跨院区危重病人转运不良事件发生的危险因素,以此构建相关风险预测模型并分析其预测效能。**方法** 回顾分析 2021 年 5 月至 2021 年 9 月温州医科大学附属第二医院急诊科进行跨院区转运的 150 例危重病人的临床资料。以单因素及多因素 logistic 回归分析,筛选急诊跨院区危重病人转运不良事件发生的独立危险因素,并构建风险预测模型,同时以列线图可视化呈现风险评分,并以 ROC 曲线下面积(AUC)评估模型的区分度,绘制校准曲线评估模型的校准度及进行模型验证。**结果** 本单位急诊危重病人跨院区转运不良事件发生率为 34.67%。转运耗时、NEWS 评分、携带输液泵数量、留置医源性导管数量是病人发生转运不良事件的独立危险因素,而护送护理人员更长的工作年限(>3 年)则是发生转运不良事件的保护因素。据此构建风险预测模型的 AUC 为 0.894,灵敏度为 94.23%,特异度为 68.37%。同时模型在验证组 AUC 为 0.911,预测准确率为 87.50%。**结论** 急诊跨院区危重病人转运不良事件发生率较高,其与转运耗时、NEWS 评分、携带输液泵数量、留置医源性导管数量以及护理人员工作年限独立相关。据此构建的风险预测模型具有较好的预测效能。

【关键词】 急诊 跨院区 转运 危险因素 预测模型 列线图

【中图分类号】 R471 **【文献标识码】** A **DOI** 10.11783/j.issn.1002-3674.2024.01.019

研究显示,46.2%~79.8%的医疗不良事件发生在病人的转运过程中^[1-3]。近年来,随着经济和城市建设的发展,医疗行业进入了高速发展时期。很多医院形成了“一家医院多处运营”的工作模式。在不同的院区,收治的病种有差异,为了保持诊疗上的连续性,经常需要跨院区转运病人。此种模式存在转运时的固定风险^[4]。与近距离院内转运相比,跨院区转运存在转运路程远,路途不确定因素多,转运耗时较长,转运路线相对固定等特定的运行环境。相应地其发生转运相关不良事件的风险也有别于普通的院内转运,目前国内鲜见此类研究。急诊科的急重症病人多,病情重,病情变化快,并且经常需要生命支持手段介入^[4-5],这些特点决定了与其他科室的平诊病人转运或院内转运相比,急诊科进行跨院区危重症病人的转运面临风险更大的挑战。缺乏对此类病人转运过程相关风险的足够认识将可能带来后续治疗难度的增加,甚至潜在的医疗纠纷隐患^[6]。

本单位作为浙南地区设立多个院区的代表性公立三级医院之一,急诊危重病患群体的跨院区转运具有较好的代表性,对其发生转运不良事件的相关危险因素进行系统研究,并在此基础上构建风险预测模型,将有助于全面深入了解此类病人的风险因素特征,并为后续制定针对性的转运管理策略提供依据。

对象和方法

1. 研究对象

本研究纳入 2021 年 5 月至 2021 年 9 月急诊患跨

院区转运的 150 例危重病人作为研究对象进行模型构建。以是否发生转运不良事件将病人分为发生转运不良事件组(52 例)和未发生转运不良事件组(98 例)。不良事件主要包括管道脱出、供氧中断、意外拔管、液体外渗、仪器故障、滴数不当等项目。纳入标准:①年龄 ≥ 16 岁;②急性生理功能和慢性健康状况评分系统(acute physiology and chronic health evaluations II, APACHE II)^[7]评分 >15 分且 ≤ 25 分;③转运分级为 II 和 III 级^[8];④转运路程 >15 km(根据我院 4 个不同院区间距离确定的最短转运里程)。排除标准:①生命体征不稳定;②出血未有效控制;③呼吸道梗阻未解除;④严重的心律失常。另外,按上述纳入和排除标准,纳入 2021 年 10 月至 2021 年 11 月的急诊患跨院区转运的危重病人 48 例用于模型的验证。本研究获得了温州医科大学附属第二医院伦理委员会的批准(No. 2021-K-155-02)。

2. 资料收集

采用回顾性方法查阅病例资料及护理、转运记录,对患者的临床资料进行统计,包括年龄、性别、转运耗时、APACHE II 评分、NEWS 评分、携带输液泵数量、留置医源性导管(包括中心静脉导管、气管插管、胸腔引流管、导尿管及胃肠减压管)数量和护送护理人员工作年限情况等。

3. 评价

(1)基线情况评价:①APACHE II^[7]:根据生命体征、血气分析、生化、慢性病评分,格拉斯哥昏迷评分(GCS)等指标进行评定,总分 50 分。分值越高,表示病情越严重。病情较轻:APACHE II 评分 ≤ 15 分;病情较重:15 $<$ APACHE II 评分 ≤ 25 分;病情危重,死亡危险性较高:25 $<$ APACHE II 评分 ≤ 30 分;

* 基金项目:温州市基础性科研项目(Y20210062)

[△]通信作者:高岭燕, E-mail: Zhuxy2021@tom.com

病情极其严重,病死率达100%;APACHE II评分>30分。本研究根据跨院区转运的实际情况,选择APACHE II >15且≤25分作为纳入标准。②转运等级^[8]:I级病人具有随时危及生命的临床问题,采取相应医疗支持后生命体征仍不平稳;II级病人有可能危及生命的临床问题,采取相应医疗支持后生命体征相对平稳;III级病人呈慢性病程,生命体征尚平稳。本研究根据跨院区转运的实际情况,选择转运等级为II和III级作为纳入标准。③英国国家早期预警评分(national early warning score, NEWS)^[9]:收集病人的体温、脉搏、呼吸、血压、血氧饱和度、意识状态和是否吸氧7项指标进行评分。总分20分,评分越高,病情越严重。

(2)转运不良事件评价:查看护理风险事件上报记录及医疗交接记录,统计护理不良事件发生情况,主要包括管道脱出、供氧中断、意外拔管、液体外渗、仪器故障、滴数不当等项目。

4.统计学处理

采用IBM SPSS 23.0软件进行数据整理,应用R 4.1.1统计软件进行分析。符合正态分布的计量资料采用 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用两独立样本t检验。不符合正态分布的计量资料采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用Mann-Whitney U秩和检验;计数资料以频数和百分比表示,组间比较采用卡方检验,根据专业判断,将可能的危险因素采用卡方检验或t检验先进行单因素分析,筛选出有意义的变量(以 $P<0.1$ 为标准),再进行多因素logistic回归分析找出转运不良事件发生的独立危险因素。并据此构建急诊危重病人跨院区转运不良事件发生风险的列线图预测模型。同

表2 两组病人基线资料

组别	发生不良事件组 (52例)	未发生不良事件组 (98例)	$t/\chi^2/Z$	P
性别构成[例(%)]				
男性	27(51.9)	56(57.1)	0.375	0.541
女性	25(48.1)	42(42.9)		
年龄(岁)	47.7(34.2, 68.5)	57.2(38.4, 72.4)	-1.441	0.149
Apache II评分	20(17, 22)	21(18, 23)	-0.992	0.321
NEWS评分	5.04±1.50	3.42±1.64	5.942	<0.001
转运耗时(min)	41.33±6.67	39.01±5.17	2.356	0.020
携带输液泵数量(个)	2(1.25, 4)	1(0, 2)	-4.720	<0.001
留置医源性导管数量(根)	2(1.25, 3)	1(0, 2)	-5.343	<0.001
护理人员工作年限[例(%)]				
≤3年	49(94.2)	78(79.6)	5.608	0.018
>3年	3(5.8)	20(20.4)		

3.急诊危重病人跨院区转运不良事件发生危险因素的多因素logistic分析

以NEWS评分、转运耗时、携带输液泵数量、留置医源性导管数量及护送护理人员不同工作年限这5个因素为自变量,以急诊危重病人是否发生转运不良事件为因变量,进一步行二元多因素logistic回

时绘制受试者操作特征(receiver operating curve, ROC)曲线,计算曲线下面积(area under curve, AUC)并绘制校准曲线。以 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

结 果

1.本单位急诊危重病人跨院区转运不良事件发生情况

本研究中150例急诊危重病人跨院区转运实际发生转运不良事件次数总计为67次,以实际发生病例数计算的发生率为34.67%(67/150)。其中,液体滴数不当在全部不良事件(次)中的占比最大(34.33%),供氧中断占比最小(2.99%),见表1。

表1 转运不良事件发生情况分布

	管道 脱出	供氧 中断	意外 拔管	液体 外渗	仪器 故障	滴数 不当	总不良 事件
发生次数(n)	3	2	7	19	13	23	67
构成比(%)	4.48	2.99	10.45	28.36	19.40	34.33	100

2.发生转运不良事件组和未发生转运不良事件组基本特征比较

与未发生转运不良事件组比较,发生转运不良事件组的NEWS评分更高、转运耗时更长、携带输液泵数量及留置医源性导管数量均更多,低工作年限(≤3年)的护送护理人员占比也更高,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。而在性别构成、年龄以及Apache II评分方面两组间差异无统计学意义(均 $P>0.05$)。据此筛选转运不良事件发生可能的影响因素:NEWS评分、转运耗时、携带输液泵数量、留置医源性导管数量及护送护理人员工作年限,进一步做多因素分析,见表2。

归分析(后退法)。结果显示,转运耗时(min)、NEWS评分、携带输液泵数量(个)、留置医源性导管数量(根)是病人发生转运不良事件的独立危险因素(均 $P<0.05$),而护送护理人员更高的工作年限(>3年)则是发生转运不良事件的保护因素($P<0.05$),见表3。

表 3 急诊跨院区转运患者发生不良事件影响因素的 logistic 回归分析

危险因素	β	标准误	Wald	OR	95%CI	P 值
转运耗时	0.090	0.044	4.310	1.095	1.005~1.192	0.038
NEWS 评分	0.607	0.158	14.851	1.835	1.348~2.500	<0.001
携带输液泵数量	0.613	0.173	12.519	1.846	1.314~2.592	<0.001
留置医源性导管数量	1.047	0.254	16.941	2.848	1.730~4.689	<0.001
护送护理人员工作年限						
≤ 3 年	-	-	-	-	参照	-
> 3 年	-1.844	0.884	4.349	0.158	0.028~0.895	0.037
常量	-9.692	2.179	19.780	-	-	-

4. 急诊危重病人跨院区转运不良事件发生风险预测模型构建与可视化呈现

根据 logistic 回归结果，构建急诊危重病人发生跨院区转运不良事件的风险预测模型为： $P = 1 / (1 + e^{-y})$ ， $y = -9.692 + 0.090 \times \text{转运耗时} + 0.607 \times \text{NEWS 评分}$

$+ 0.613 \times \text{携带输液泵数量} + 1.047 \times \text{留置医源性导管数量} - 1.844 \times \text{护送护理人员工作年限} (> 3 \text{ 年})$ 。采用 Hosmer-Lemeshow 检验模型与观测值拟合度 ($\chi^2 = 4.585, P = 0.801$)，表明模型与观察数据吻合较好。结果以列线图可视化呈现，见图 1。

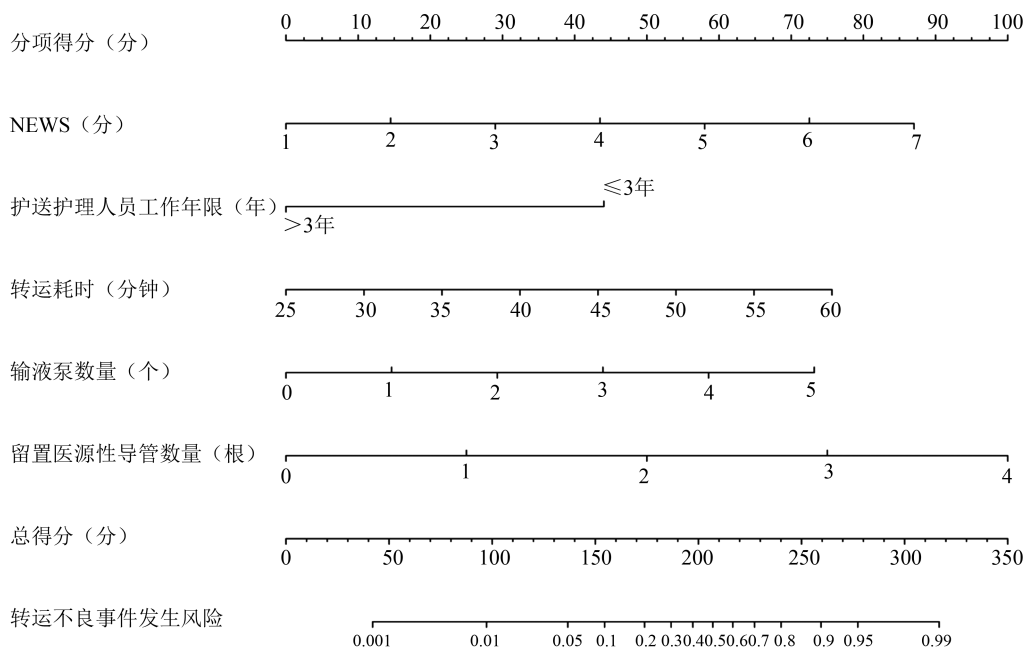


图 1 急诊跨院区转运不良事件风险预测模型列线图

5. 预测模型评价

(1) 区分度评价：利用 ROC 曲线对 logistic 回归模型总的区分度进行评价，其 AUC 为 0.894 [95% CI (0.834~0.939)]，约登指数最大值为 0.626，对应的灵敏度为 94.23%，特异度为 68.37%，截断值为 0.204，见图 2。

(2) 校准度评价：根据上述结果绘制校准曲线。如图 3 所示，应用该预测模型进行转运不良事件发生的预测时，当预测概率 $< 50\%$ 时，可能存在一定的高估转运不良事件发生率的风险；当预测概率为 $> 50\%$ 时，可能存在一定的低估转运不良事件发生率的风险。

6. 预测模型验证

将选取的 2021 年 10 月至 2021 年 11 月的急诊患者跨院区转运的危重病人 48 例用于模型的验证。以

相同的方法在验证组绘制 ROC 曲线，结果显示 AUC

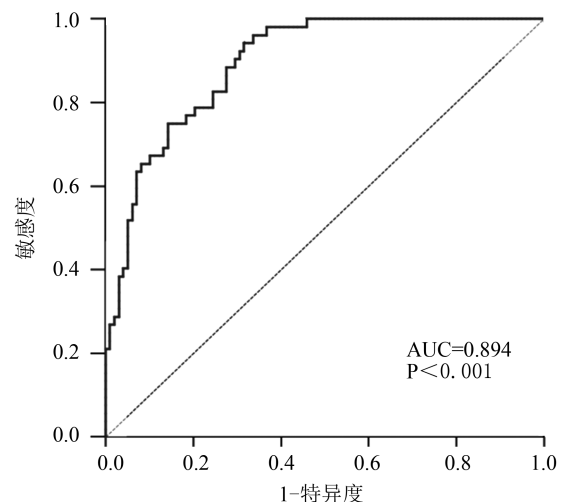


图 2 急诊跨院区转运不良事件风险预测模型 ROC 曲线

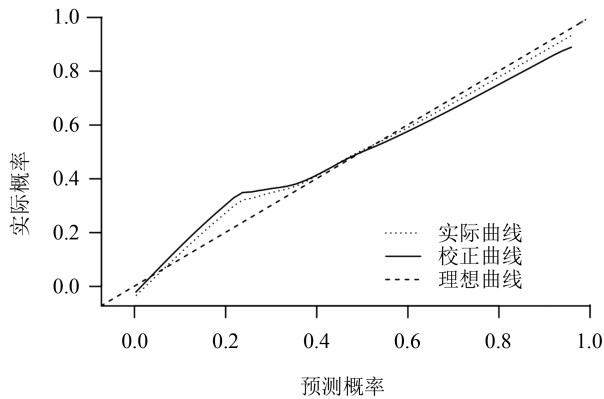


图3 急诊跨院区转运不良事件风险预测模型校准曲线

为0.911(95% CI: 0.793~0.974, $P < 0.001$), 灵敏度 88.89%, 特异度 93.33%。根据回归方程分别计算出每例患者的 y 值, 当 $y > 0.204$ 时, 该模型预测为发生转运不良事件, $y \leq 0.204$ 时, 预测为未发生转运不良事件, 预测准确率为 87.50%, 见表 4。

表4 模型的预测准确率

模型预测结果	实际结果		准确率 (%)
	发生转运不良事件	未发生转运不良事件	
发生转运不良事件	16	4	80.00
未发生转运不良事件	2	26	92.86
总准确率 (%)			87.50

讨 论

本单位在研究时段急诊危重病人跨院区转运不良事件总体发生率为 34.67% (52/150)。基于近年来出现的多院区运营的新模式, 国内外尚未见类似跨院区转运环境的资料可供参照。可供参考的院内转运数据, 也常常由于不良事件种类、转运类型、样本群体、样本量、病情严重程度、设备、转运人员的差异, 致使各研究结果中不良事件的发生率差异较大^[3]。但总体上看, 不管是哪种类型的转运, 目前其不良事件发生在国内外均呈高发态势, 值得引起足够的重视^[1-3]。

本研究中的 NEWS 评分对转运不良事件发生的 OR 值达到了 1.835, 与国内同类研究结果存在不一致。较大样本的 567 例院内转运资料显示 NEWS 与转运不良结局发生相关^[10], 但未提供 OR 值, 另有较小样本的两项研究均提示 NEWS 评分与转运不良事件发生无关^[11-12]。产生分歧的原因可能与病例的入选标准有关, 出于跨院区转运的实际情况(转运路程大于 15 公里, 转运耗时大于 30 分钟), 为保证安全, 本研究转运对象选择 APACHE II 评分在 25 分以下, 以及转运等级为 II 级和 III 级, 即排除了病情过于危重的病例, 由此可能也影响了 NEWS 评分在组间的影响权重。

本研究发现, 转运耗时是转运不良事件发生的独

立危险因素, 尽管其 OR 值较弱(1.095)。目前暂未发现同类跨院区转运数据可供参考。基于院内转运数据, 多数研究支持转运耗时为影响转运不良事件的独立危险因素^[11-13], 不过也有不同观点^[2]。但跨院区转运耗时远高于院内转运, 且跨院区转运路途中由于交通、天气具有更多的不可控因素, 从而增加了发生不良事件的风险。因此, 积累更多病例资料后可进行转运耗时不同层级的细分研究可能具有更大的参考价值。

携带输液泵数量及留置医源性导管数量系转运不良事件发生的较强的独立危险因素, 尤其是留置医源性导管数量, 其 OR 值达到了 2.848。提示临床转运前需特别关注此类病人。不难理解, 外源性道管的数量增加, 一方面反映了病情更重, 另一方面在同等条件下必然增加转运途中管理的难度, 也增加了护士发生纰漏的概率。遗憾的是, 目前国内同类研究鲜见将医源性导管数量作为独立变量纳入研究, 少数研究将输液泵数量纳入^[11], 但未见有统计学意义的结果。

本研究发现护送护理人员工作年限是跨院区转运不良事件发生的独立保护因素。截断值选取 3 年是一个临床工作中常识性的认知, 即通常发现 3 年以上工作经验的护士业务明显更加娴熟、细致, 经验也更丰富。本研究发现, 与 3 年以下工作年限护理人员相比, 工作 3 年以上的护理人员参与转运时, 病人发生转运不良事件危险的 OR 值为 0.158。这提示工作经验和能力在降低不良事件发生中的重要作用, 为后续制定相应的转运管理策略提供了依据。对于此项变量, 国内外类似研究存在争议, 比如一项针对 ICU 机械通气患者的研究发现转运时配备快速反应小组(受过良好专门训练的护士)并未显示出对转运不良事件的预防作用^[14], 但该项变量涉及护理人员的技能, 主观性较大, 未能较好地量化, 故孤立的研究结果需谨慎对待。

本研究筛选了跨院区转运过程中发生不良事件的常见影响因素, 构建的风险因素模型拟合度较好($\chi^2 = 4.585, P = 0.801$), 转运耗时、NEWS 评分、携带输液泵数量、留置医源性导管数量和护送护理人员工作年限等指标, 均系临床可快速获取的简易指标, 经过列线图可视化呈现, 可直观获得具体病例发生转运不良事件的概率, 利于临床实践中直接量化评估风险^[15]。另外, 经过 ROC 曲线评价模型的判别效率, 本模型总预测概率的 AUC 达到 0.894, 对应的灵敏度为 94.23%, 特异度为 68.37%, 提示模型的区分度相当好^[16]。灵敏度很高, 但特异度稍偏低。同时发现, 该风险预测模型在验证组同样具有较好的判别效率(AUC 为 0.911)和预测准确率(87.50%)。目前国内尚未有急诊室跨院区转运场景的同类研究, 本模型较好地填补了此项不足。后续进一步增加样本量之后可纳入更多的临床评价指标, 有望改进模型预测的特异

度, 获得更优的临床应用价值。

根据本模型测算对于具有转运不良事件高危风险的患者, 应重点加强不良事件的防范, 如通过提前获取实时交通流量信息, 规划转运路线, 缩短转运时间, 加强部门间衔接缩短流程, 针对留置医源性导管或输液泵数量较多的高危病人调配高年资护理人员参与护送等手段, 积极控制危险因素, 防范转运不良事件的发生, 保障转运安全。

需要注意的是在应用本模型进行转运不良事件预测时, 可能存在一定的高估或低估转运不良事件发生率的风险。这可能与样本量偏少导致模型存在一定波动漂移有关, 有必要在后续进一步扩大样本量以提高模型校准度^[17]。此外, 本研究还存在其他一些局限性。首先, 限于回顾性横断面研究的条件, 所构建模型难以模拟临床场景中的全部变量。其次, 限于样本量, 无法对已经入选的危险因素进一步分层分析, 降低了数据的利用效率。另外, 本研究在纳入标准中对病情进行了限定, 降低了研究结果对病情更加危重病患者的适应性。

总之, 急诊危重病人跨院区转运不良事件发生率较高。转运耗时、NEWS 评分、携带输液泵数量、留置医源性导管数量是转运不良事件发生的独立危险因素, 而参与护送护理人员工作年限则是其独立保护因素。据此构建的风险预测模型具有较好的预测效能, 能直观、简便、较为准确地预测急诊跨院区危重病人转运不良事件发生的风险, 有利于提前预警、及时评估相关转运风险, 从而提出有针对性的转运管理策略, 降低医疗护理风险, 提高转运安全性。

参 考 文 献

[1] Hajje Z, Gharsallah H, Boussaidi I, et al. Risk of mishaps during intrahospital transport of critically ill patients. *La Tunisie Medicale*, 2015, 93(11): 708-713.

(上接第 86 页)

[11] 张莉莉, 李娜娜, 邹慧敏, 等. 上海宝山地区体检和门诊人群幽门螺杆菌感染现状及其影响因素分析. *胃肠病学*, 2019, 24(6): 326-330.

[12] 张明伟, 汪建超, 王启之, 等. 安徽中南部地区幽门螺杆菌流行病学调查. *中华全科医学*, 2020, 18(8): 1395-1398.

[13] Wang F, Meng W, Wang B, et al. *Helicobacter pylori*-induced gastric inflammation and gastric cancer. *Cancer Lett*, 2014, 345(2): 196-202.

[14] Correa P. Gastric cancer: overview. *Gastroenterol Clin North Am*, 2013, 42(2): 211-217.

[15] Watari J, Chen N, Amenta PS, et al. *Helicobacter pylori* associated chronic gastritis, clinical syndromes, precancerous lesions, and pathogenesis of gastric cancer development. *World J Gastroenterol*,

[2] Jia L, Wang H, Gao Y, et al. High incidence of adverse events during intra-hospital transport of critically ill patients and new related risk factors: a prospective, multicenter study in China. *Critical Care (London, England)*, 2016, 20: 12.

[3] 张伟英, 肖松梅, 周如女, 等. 危重患者院内转运不良事件的研究进展. *解放军护理杂志*, 2019, 36(1): 51-54.

[4] 董颖越, 段丽丽. 团队合作模式在病人跨院区转运安全管理中的实践与效果. *护理研究*, 2015, 29(11): 4224-4225.

[5] 黄芳, 朱慧娟, 黎曙霞. 安全转运程序管理在院内危重患者转运中的应用. *中国当代医药*, 2017(29): 146-148.

[6] 黄莉. 急诊危重患者在院内安全转运的护理方法及其效果探讨. *世界最新医学信息文摘*, 2018(59): 248+250.

[7] Goldhill DR, Sumner A. Apache II, data accuracy and outcome prediction. *Anaesthesia*, 1998, 53(10): 937-943.

[8] 高健, 华小雪, 徐军. 急诊危重症患者院内转运共识-标准化分级转运方案. *中华急诊医学杂志*, 2017, 26(5): 512-516.

[9] 王博, 王秀杰. NEWS 评分与 MEWS 评分在老年急重症评估中的应用. *哈尔滨医科大学学报*, 2019, 53(5): 536-539.

[10] 安莹, 李飞, 付博晶, 等. 567 例急诊高龄危重患者院内转运不良事件的影响因素分析. *中华现代护理杂志*, 2017, 23(29): 3740-3744.

[11] 林志华. 急诊危重患者院内转运不良事件发生情况及危险因素分析. *医疗装备*, 2022, 35(1): 179-181.

[12] 刘兰. 急诊危重患者院内转运不良事件发生状况及其影响因素. *河南医学研究*, 2020, 29(31): 5815-5817.

[13] 马莉, 王志稳, 葛宝兰, 等. 急诊科危重病人院内转运过程中不良事件及风险因素分析. *护理研究*, 2019, 33(21): 3676-3680.

[14] Kwack WG, Yun M, Lee DS, et al. Effectiveness of intrahospital transportation of mechanically ventilated patients in medical intensive care unit by the rapid response team: A cohort study. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(48): e13490.

[15] Collins GS, Le Manach Y. Nomograms need to be presented in full. *Cancer*, 2017, 123(1): 177-178.

[16] Alba AC, Agoritsas T, Walsh M, et al. Discrimination and Calibration of Clinical Prediction Models: Users' Guides to the Medical Literature. *JAMA*, 2017, 318(14): 1377-1384.

[17] Huang Y, Li W, Macheret F, et al. A tutorial on calibration measurements and calibration models for clinical prediction models. *J Am Med Inform Assoc*, 2020, 27(4): 621-633.

(责任编辑:郭海强)

2014, 20(18): 5461-5473.

[16] Li H, Xu CX, Gong RJ, et al. How does *Helicobacter pylori* cause gastric cancer through connexins: An opinion review. *World J Gastroenterol*, 2019, 25(35): 5220-5232.

[17] 张俊红, 李学, 王晓燕, 等. 河南地区胃镜下确诊慢性胃炎患者危险因素的调查研究. *中国实用医药*, 2014, 9(8): 248-249.

[18] 王瑞民. 食管癌患者危险因素的调查分析. 吉林大学, 2011.

[19] 陈铁晖, 郑奎城, 林曙光, 等. 福建省胃癌中低发地区发病相关影响因素流行病学调查. *预防医学论坛*, 2014, 20(9): 641-644.

[20] 刘文忠, 谢勇, 陆红, 等. 第五次全国幽门螺杆菌感染处理共识报告. *胃肠病学*, 2017, 22(6): 346-360.

[21] 吕农华, 谢川. 我国幽门螺杆菌感染研究的回顾与展望. *中华消化杂志*, 2021, 41(4): 217-220.

(责任编辑:张悦)