

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671—9638. 20244345

· 论 著 ·

基于随机森林模型的抗肿瘤化疗患者经外周静脉植入中心静脉导管置管后导管相关感染及影响因素

周菊珍¹, 王丽华², 陈秋萍³, 鞠 阳⁴

[1. 苏州大学附属第四医院(苏州市独墅湖医院)肿瘤科, 江苏 苏州 215000; 2. 苏州大学附属第一医院肿瘤科, 江苏 苏州 215000; 3. 苏州大学附属第四医院(苏州市独墅湖医院)静疗门诊, 江苏 苏州 215000; 4. 苏州大学附属第一医院全科医学科, 江苏 苏州 215000]

[摘要] 目的 基于随机森林模型分析化学治疗患者经外周静脉置入中心静脉导管(PICC)置管后导管相关感染的影响因素。方法 选取接受化学治疗并留置 PICC 的 400 例肿瘤患者, 采用计算机产生随机数法将就诊患者以 3:1 的比例分为训练集(300 例)和测试集(100 例)。根据感染发生情况将训练集患者分为无感染组和感染组, 比较两组的临床资料, 采用多因素 logistic 回归模型及随机森林的集成分类算法分析患者 PICC 置管后出现导管相关感染的影响因素, 并对比二者的预测效能。结果 训练集 300 例化学治疗患者中, 32 例患者出现导管相关感染(10.67%), 与无感染组比较, 感染组患者单次置管穿刺次数更多, PICC 留置时间更长, 导管移动比例、合并糖尿病比例及换药频次更高, 白细胞计数(WBC)水平及免疫功能更低(均 $P < 0.05$)。PICC 留置时间、导管移动情况、合并糖尿病情况、换药频次、WBC 及免疫功能均为患者 PICC 置管后导管相关感染的独立影响因素(均 $P < 0.05$)。随机森林模型显示不同影响因素的重要程度排序结果依次为: PICC 留置时间、导管移动情况、合并糖尿病情况、WBC、换药频次及免疫功能。随机森林模型的集成分类算法预测化学治疗患者发生导管相关感染的受试者工作特征(ROC)曲线下面积(AUC)为 0.872, 与 logistic 回归模型(AUC = 0.791)相比预测效能更优。结论 PICC 留置时间、导管移动情况、合并糖尿病情况、换药频次、WBC 水平及免疫功能是化学治疗患者发生导管相关感染的独立影响因素, 随机森林模型的集成分类算法可用于对化学治疗患者发生导管相关感染的预测分析, 其预测性能优于 logistic 回归模型。

[关键词] 化学治疗; 中心静脉导管; 导管相关感染; 外周静脉; 随机森林模型

[中图分类号] R181.3⁺2 R730.53

Catheter-associated infection and influencing factors in anti-tumor chemotherapy treated patients after indwelling peripherally inserted central catheter: analysis based on random forest model

ZHOU Ju-zhen¹, WANG Li-hua², CHEN Qiu-ping³, JU Yang⁴ (1. Department of Oncology, The Fourth Affiliated Hospital of Soochow University [Suzhou Dushu Lake Hospital], Suzhou 215000, China; 2. Department of Oncology, The First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215000, China; 3. Intravenous Therapy Outpatient Department, The Fourth Affiliated Hospital of Soochow University [Suzhou Dushu Lake Hospital], Suzhou 215000, China; 4. General Practice Department, The First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215000, China)

[Abstract] **Objective** To analyze the influencing factors for catheter-associated infection (CAI) in chemotherapy treated patients after indwelling peripherally inserted central catheter (PICC) based on a random forest model.

[收稿日期] 2023-04-13

[作者简介] 周菊珍(1981-), 女(汉族), 江苏省苏州市人, 主管护师, 主要从事静脉治疗护理方向研究。

[通信作者] 鞠阳 E-mail: juyang060509@163.com

Methods 400 tumor patients who received chemotherapy and PICC were selected and divided into the training set ($n=300$) and the test set ($n=100$) in a 3:1 ratio through computer-generated random number. Patients in the training set were subdivided into the non-infection group and the infection group based on the occurrence of infection. Clinical data from two groups of patients were compared. Influencing factors for the occurrence of CAI after PICC were analyzed with multivariate logistic regression model and the integrated classification algorithm of random forest model, and the predictive performance of the two methods was compared. **Results** Among 300 chemotherapy treated patients in the training set, 32 cases (10.67%) experienced CAI. Compared with the non-infection group, patients in the infection group had more single punctures for catheterization, longer PICC retention time, larger proportion of catheter movement, larger proportion of complication with diabetes, higher frequency of dressing changes, lower white blood cell count and immune function (all $P<0.05$). PICC retention time, catheter movement, complication with diabetes, dressing change frequency, white blood cell (WBC) and immune function were independent influencing factors for CAI after PICC (all $P<0.05$). The random forest model showed that ranking by the importance of different influencing factors was as following: PICC retention time, catheter movement, complication with diabetes, WBC, dressing change frequency and immune function. The integrated classification algorithm of random forest model for predicting the occurrence of CAI in chemotherapy treated patients showed that the area under the receiver operating characteristic (ROC) curve (AUC) was 0.872, which had better prediction performance compared with the logistic regression model (AUC = 0.791). **Conclusion** PICC retention time, catheter movement, complicated with diabetes, dressing change frequency, WBC level and immune function are independent influencing factors for CAI in chemotherapy treated patients. The integrated classification algorithm of random forest model can be used to predict CAI in chemotherapy treated patients, and its prediction performance is better than that of the logistic regression model.

[**Key words**] chemotherapy; central venous catheter; catheter-associated infection; peripheral vein; random forest model

经外周静脉置入中心静脉导管(peripherally inserted central catheter, PICC)具有穿刺风险小、留置时间长等优势,已广泛应用于临床,常用于接受长期化学治疗(化疗)、抗菌药物治疗、全肠外营养等的患者^[1-2]。国外研究^[3]表明,PICC置管后导管相关感染临床上较为常见,患者病死率为12%~25%。近年来,尽管已有大量研究^[4-5]报道了化疗患者PICC置管后导管相关感染的高危因素,但结论多针对特定肿瘤患者或感染部位,缺乏系统性,且分析方法多采用多因素回归分析,该方法虽具有一定的预测作用,但由于特异度偏低容易影响预测结果。随着大科学统计和大数据分析的不断进步,随机森林算法在临床上得到广泛应用,可高效处理混杂和高维度的数据,避免过度拟合^[6],从而提高预测的准确度,但目前其在预测PICC置管后导管相关感染方面的研究仍然缺乏。因此,本研究选取接受化疗并PICC置管后的400例肿瘤患者作为研究对象,基于随机森林模型的集成分类算法探讨化疗患者PICC置管后导管相关感染的危险因素,旨在为临床提供可靠理论指导。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2018年2月—2022年8月于苏州两所医院接受治疗并行PICC置管的肿瘤患者为研究对象,采用计算机产生随机数法将就诊患者以3:1的比例分为训练集和测试集。纳入标准:(1)年龄 ≥ 18 周岁;(2)化疗耐受;(3)意识清楚,能配合研究;(4)临床资料完整。排除标准:(1)有抗肿瘤治疗史;(2)合并重要脏器功能障碍;(3)有不能耐受的不良反应或不能完成整个治疗过程;(4)妊娠或哺乳期;(5)发生远处转移。

1.2 研究方法

1.2.1 临床资料收集 收集患者年龄、性别、是否合并糖尿病等基础信息,并记录患者发生导管相关感染前单次置管穿刺次数、置管时间、导管是否位移、化疗周期、白细胞计数(WBC)、免疫功能及换药频次等临床资料。

1.2.2 导管相关感染诊断 采用美国凤凰BACTEC9120120XL全自动血培养仪器对PICC置

管导管相关感染培养出的细菌进行鉴定,出口部位感染、导管相关血流感染、隧道感染及皮囊下感染诊断标准参考《医院感染监测标准》^[7]。

1.3 统计学分析 数据统计分析应用 SPSS 23.0, 计量资料组间比较采用 *t* 检验,多组间比较采用单因素方差分析;计数资料组间比较采用 χ^2 检验。多因素分析通过 logistic 回归模型进行,预测模型采用随机森林模型的集成分类算法构建。采用受试者工作特征(ROC)曲线评估模型预测效能,检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 两组临床资料对比 共纳入患者 400 例,其中训练集 300 例,测试集 100 例。训练集男性 164 例,

女性 136 例,平均年龄(54.98 ± 4.66)岁;测试集男性 53 例,女性 47 例,平均年龄(55.03 ± 4.12)岁,训练集和测试集患者基线资料比较,差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。

训练集 300 例化疗患者中,32 例患者出现导管相关感染(10.67%),被分为感染组,其余为无感染组。其中,出口位感染 8 例(2.67%),隧道感染 12 例(4.00%),皮下囊袋感染 12 例(4.00%),32 例感染患者共检出病原菌 56 株,以革兰阴性菌为主(32 株,57.14%),革兰阳性菌 15 株(26.79%),真菌 9 株(16.07%)。与无感染组比较,感染组患者单次置管穿刺次数更多,PICC 留置时间更长,导管移动比例、合并糖尿病比例及换药频次更高,WBC 水平及免疫功能更低,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),见表 1。

表 1 两组患者临床资料对比

Table 1 Comparison of clinical data between two groups of patients

项目	感染组 (<i>n</i> = 32)	无感染组 (<i>n</i> = 268)	χ^2	<i>P</i>	项目	感染组 (<i>n</i> = 32)	无感染组 (<i>n</i> = 268)	χ^2	<i>P</i>
性别			0.037	0.845	合并糖尿病			20.897	<0.001
男	18(56.25)	146(54.48)			否	13(40.62)	215(79.85)		
女	14(43.75)	122(45.52)			是	19(59.38)	54(20.15)		
年龄(岁)			0.015	0.909	WBC			9.958	<0.001
<60	14(43.75)	112(42.91)			< $3.0 \times 10^9/L$	22(68.75)	107(39.55)		
≥ 60	18(56.25)	153(57.09)			$\geq 3.0 \times 10^9/L$	10(31.25)	162(60.45)		
单次置管穿刺次数			8.459	0.004	免疫功能			6.564	0.005
1	6(18.75)	205(76.49)			正常	25(78.12)	241(89.93)		
≥ 2	26(81.25)	63(23.51)			低下	7(21.88)	27(10.07)		
PICC 留置时间(d)			17.665	<0.001	换药频次(d)			14.198	<0.001
<60	11(34.38)	163(61.19)			≤ 7	15(46.88)	193(72.01)		
≥ 60	21(65.63)	104(38.81)			> 7	17(53.12)	75(27.99)		
导管移动			10.491	<0.001	肿瘤类型			0.153	0.696
否	10(31.25)	179(66.79)			实体	26(81.25)	225(83.96)		
是	22(68.75)	89(33.21)			非实体	6(18.75)	43(16.04)		
化疗周期(d)			0.032	0.878					
<5	11(34.38)	88(32.84)							
≥ 5	21(65.63)	180(67.16)							

2.2 多因素 logistic 回归分析 将单因素分析中具有统计学意义的因素纳入,采用似然比前进法筛选变量,进行多因素 logistic 回归分析。结果显示,导管移动、PICC 留置时间 ≥ 60 d、合并糖尿病,以及

换药频次 > 7 d 是化疗患者 PICC 置管后导管相关感染的独立危险因素(均 $P < 0.05$),而 $WBC \geq 3.0 \times 10^9/L$ 及免疫功能正常为保护因素(均 $P < 0.05$),见表 2。

表 2 化疗患者 PICC 置管后导管相关感染多因素 logistic 回归分析

Table 2 Multivariate logistic regression analysis on factors related to CAI in chemotherapy treated patients after indwelling PICC

因素	回归系数	标准误	Wald χ^2	OR	95%CI	P
单次置管穿刺次数	0.894	0.554	7.317	2.445	0.575~3.460	0.088
PICC 留置时间	1.797	0.827	4.724	6.034	3.236~15.875	<0.001
导管移动情况	0.725	0.325	4.976	1.064	1.283~1.779	0.043
合并糖尿病情况	1.832	0.724	6.403	6.246	3.092~14.674	<0.001
WBC	-0.015	0.554	6.628	0.958	0.906~0.996	0.021
免疫功能	-0.161	0.796	3.729	0.851	0.712~0.964	0.019
换药频次	1.667	0.847	3.872	5.295	2.634~12.584	<0.001

2.3 变量共线性诊断 共线性诊断结果显示,各变量方差膨胀因子(variance inflation factor, VIF)均小于 10,说明变量之间相互独立,不存在共线性,见表 3。

表 3 化疗患者 PICC 置管后血管导管相关感染变量的共线性诊断系数

Table 3 The collinearity diagnostic coefficient of CAI related variables in chemotherapy treated patients after indwelling PICC

变量	容差	VIF
单次置管穿刺次数	0.945	2.013
PICC 留置时间	0.946	3.291
导管移动情况	0.929	3.019
合并糖尿病情况	0.963	1.045
WBC	0.925	4.765
免疫功能	0.913	3.654
换药频次	0.962	4.365

2.4 随机森林模型的重要性分析 随机森林模型各变量重要程度的排序结果依次为:PICC 留置时间、导管移动情况、合并糖尿病情况、WBC、换药频次及免疫功能,见图 1、2。

2.5 构建预测患者出现导管相关感染的随机森林的集成分类算法模型 通过梯度提升回归树算法调整随机森林模型参数,从第 20 棵决策树开始,扩展的随机森林算法的误差(均方差)逐渐趋于平缓,说明模型泛化能力有所增强,而决策树数目过大后误差呈升高趋势。因此将每片森林的决策树数目设置为 20 棵,见图 3。

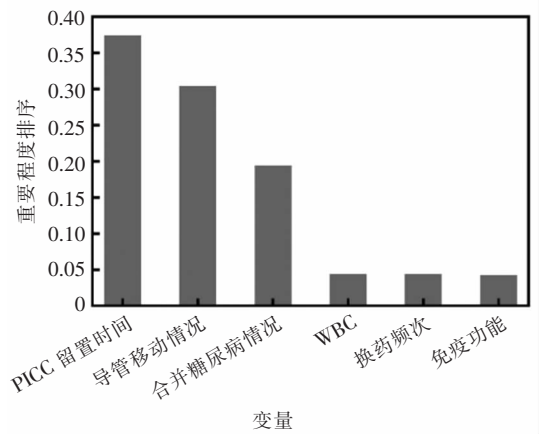


图 1 随机森林模型中各影响因素重要程度排序

Figure 1 Ranking by the importance of various influencing factors in random forest model

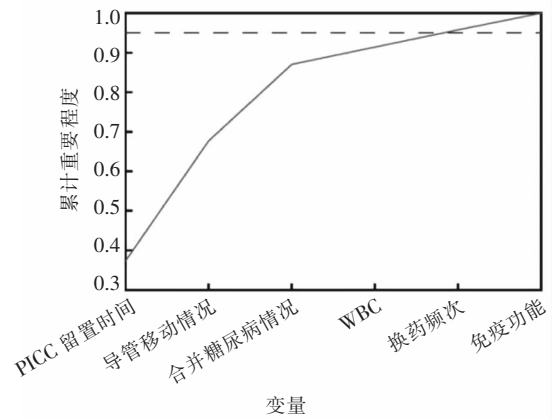


图 2 随机森林模型中各临床特征的累积重要程度

Figure 2 The cumulative importance of each clinical feature in random forest model

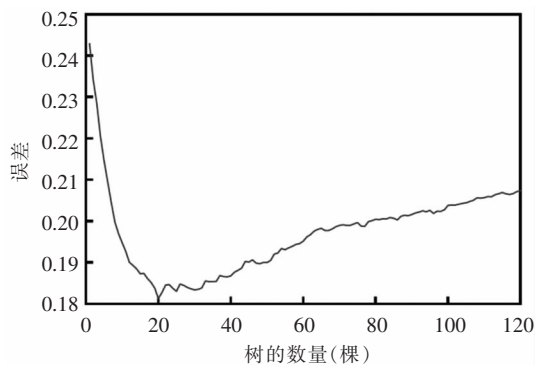


图 3 决策树数目与袋外评估平均值之间的关系

Figure 3 Relationship between the number of decision trees and the average of out-of-bag estimation

2.6 两种预测模型诊断预测效能比较 将测试集 100 例患者带入两种预测模型,结果显示,logistic 回归模型曲线下面积(AUC)为 0.791,标准误为 0.044,95%CI:0.64~0.82, $P<0.001$,预测的灵敏度为 75.23%,特异度为 56.38%,准确度为 67.71%。随机森林算法模型 AUC 为 0.872,标准误为 0.047,95%CI:0.63~0.87, $P<0.001$,模型预测的灵敏度为 66.24%,特异度为 65.83%,准确度为 65.49%,见图 4。

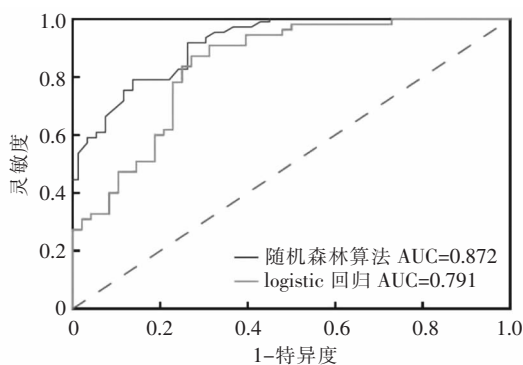


图 4 随机森林算法模型和 logistic 回归模型的 ROC 曲线分析

Figure 4 ROC curve analyses of random forest algorithm model and logistic regression model

3 讨论

肿瘤是我国常见的恶性疾病,具有非常高的发病率,尽管诊断和治疗方法不断进步更新,但仍然是导致患者死亡的重要原因之一^[8]。肿瘤的发生发展机制复杂,其过程涉及多种基因、多个步骤,以及免

疫、环境和遗传等多种内外因素^[9]。研究^[10]显示,相关基因突变在肿瘤的病情进展、病理分型及预后方面均发挥着重要作用。近年来,肿瘤患者人数逐年增长,针对不能进行手术的患者,化疗是最好的治疗方案。虽然最佳的细胞减灭手术联合化疗对肿瘤患者具有一定疗效,但部分患者在 PICC 置管后出现导管相关感染,导致一系列并发症^[11]。PICC 导管在材料及置管技术方面尽管已有所改进,其导管相关感染仍时有发生,加上化疗药物的不良反应,患者置管后发生感染的概率为 12.80%~15.02%^[12]。本研究训练集纳入的 300 例患者中,32 例患者置管后出现导管相关感染,感染发病率为 10.67%,与既往研究^[13]结果一致,可见肿瘤患者置管后出现导管相关感染的风险很难避免。

导管相关感染是常见的医院感染类型,不仅增加患者住院时间,甚至可能导致患者死亡。本研究结果显示,PICC 留置时间、导管移动情况、合并糖尿病情况、换药频次、WBC 及免疫功能均为患者 PICC 置管后导管相关感染的独立影响因素。随机森林算法模型显示,不同影响因素重要程度排序结果依次为 PICC 留置时间、导管移动情况、合并糖尿病情况、WBC、换药频次及免疫功能。癌症化疗通常需要多个周期,因此置管时间相对较长,并且癌症患者的免疫力低下,易导致细菌繁殖从而引发感染^[14]。由于身体活动,患者导管固定不牢,易出现移动等现象,增加穿刺次数,为细菌侵入提供便利^[15]。合并糖尿病的肿瘤患者,其自身免疫力相对正常人低,代谢速度变慢,导致血清中 WBC 水平降低,随着化疗次数的增多,药物对患者造成的不良反应更加明显,导致骨髓抑制,增加感染发病率^[15]。林海燕等^[16]研究表明,乳腺癌化疗患者导管相关感染的影响因素为置管时间、合并糖尿病情况、治疗季节及化疗次数等。王道军等^[17]研究表明,肿瘤患者免疫功能、穿刺次数及化疗次数可能是 PICC 相关感染的独立影响因素。韩如慧等^[18]发现,PICC 置管时间越长,血液相关肿瘤患者出现导管相关血流感染的概率越大。

随机森林算法是随着计算机功能的发展及大数据应用和分析逐渐健全而产生的机器学习模型,可对各预测变量进行排序,提高了诊断疗效。在随机森林算法中,随着决策树数量增加,模型的复杂度也随之增加,可能导致过拟合现象。因此,需在复杂度和泛化能力之间找到平衡点。本研究通过利用梯度提升回归树算法找到最优的决策树数量为 20,以获得更好的模型性能,从而提高感染预测效率。本研

究构建了随机森林模型和 logistic 回归模型。在基于随机森林模型影响肿瘤患者导管相关感染的预测模型中, PICC 留置时间、导管移动情况、合并糖尿病情况、WBC、换药频次及免疫功能是排名前六的影响因素, 与 logistic 回归分析结果一致。使用 ROC 比较两个模型的预测效能发现, 在训练集中, 随机森林模型的预测效能显著高于 logistic 回归模型, AUC 高达 0.872。

基于以上研究结果, 预防经化疗的肿瘤患者 PICC 置管后导管相关感染应采取如下策略: (1) 尽量缩短 PICC 留置时间; (2) 对合并糖尿病的患者进行积极治疗, 维持患者血糖相对正常水平; (3) 加强对 PICC 置管患者的监护; (4) 调整换药时间。作为单中心研究, 本研究纳入患者例数有限, 部分影响因素纳入不全, 如化疗药物的种类等, 因此部分结果可能存在偏倚。

综上所述, PICC 留置时间、导管移动情况、合并糖尿病情况、换药频次、WBC 水平及免疫功能是化疗患者发生导管相关感染的独立影响因素, 随机森林模型的集成分类算法可用于化疗患者发生导管相关感染的预测分析, 其预测性能优于 logistic 回归模型。

利益冲突: 所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

- 曲瑞泽, 张志鹏, 付卫. 肿瘤患者中心静脉导管相关血栓的成因和诊治研究进展[J]. 中国微创外科杂志, 2022, 22(3): 246-250.
- Qu RZ, Zhang ZP, Fu W. Research progress on the causes, diagnosis and treatment of central venous catheter-related thrombosis in cancer patients[J]. Chinese Journal of Minimally Invasive Surgery, 2022, 22(3): 246-250.
- 惠慧, 马燕兰, 郭梅, 等. 恶性肿瘤病人 PICC 相关性血栓危险因素及护理干预研究进展[J]. 护理研究, 2019, 33(5): 811-816.
- Hui H, Ma YL, Guo M, et al. Research progress on PICC-related venous thrombus risk factors and nursing intervention in cancer patients[J]. Chinese Nursing Research, 2019, 33(5): 811-816.
- DeVries M, Sleweon T. Bridging the gap: introduction of an antimicrobial peripherally inserted central catheter (PICC) in response to high PICC central line-associated bloodstream infection incidence[J]. Br J Nurs, 2021, 30(19): S16-S22.
- Scrivens N, Sabri E, Bredeson C, et al. Comparison of complication rates and incidences associated with different peripherally inserted central catheters (PICC) in patients with hematological malignancies: a retrospective cohort study[J]. Leuk Lymphoma, 2020, 61(1): 156-164.
- Park S, Moon S, Pai H, et al. Appropriate duration of peripherally inserted central catheter maintenance to prevent central line-associated bloodstream infection [J]. PLoS One, 2020, 15(6): e0234966.
- Hanko M, Grendár M, Snopko P, et al. Random forest-based prediction of outcome and mortality in patients with traumatic brain injury undergoing primary decompressive craniectomy [J]. World Neurosurg, 2021, 148: e450-e458.
- 国家卫生健康委. 医院感染监测标准 WS/T 312—2023[J]. 中国感染控制杂志, 2023, 22(9): 1129-1142.
- Standard for healthcare associated infection surveillance WS/T 312-2023[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2023, 22(9): 1129-1142.
- Song XR, Liu C, Wang N, et al. Delivery of CRISPR/Cas systems for cancer gene therapy and immunotherapy[J]. Adv Drug Deliv Rev, 2020, 168: 158-180.
- Sedlock C, Tokarczyk M, Sternlieb M, et al. PICC-associated infection with *Escherichia hermannii*: a case report and review of the literature[J]. IDCases, 2018, 13: 4.
- Liu XM, Tao S, Ji HX, et al. Risk factors for peripherally inserted central catheter (PICC)-associated infections in patients receiving chemotherapy and the preventive effect of a self-efficacy intervention program: a randomized controlled trial[J]. Ann Palliat Med, 2021, 10(9): 9398-9405.
- 尚新芳, 薛蓉, 任丽平. 化疗患者留置经外周静脉置入中心静脉导管后导管相关性感染的危险因素[J]. 中国感染与化疗杂志, 2022, 22(2): 151-155.
- Shang XF, Xue R, Ren LP. Risk factors for catheter-related infection after peripheral insertion of central venous catheters in patients undergoing chemotherapy[J]. Chinese Journal of Infection and Chemotherapy, 2022, 22(2): 151-155.
- 潘恋俊, 张素丽, 刘爱霞. 肿瘤化疗居家患者 PICC 导管相关性感染危险因素分析及预防策略[J]. 浙江医学, 2019, 41(6): 610-613.
- Pan LJ, Zhang SL, Liu AX. Risk factors analysis and preventive strategies of PICC catheter-related infection in cancer chemotherapy patients at home[J]. Zhejiang Medical Journal, 2019, 41(6): 610-613.
- 李艳, 李婷, 伟珍, 等. 恶性肿瘤患者放疗期间 PICC 导管血流感染的临床特点及预防对策[J]. 中华医院感染学杂志, 2019, 29(6): 872-875.
- Li Y, Li T, Wei Z, et al. Clinical characteristics of PICC-related bloodstream infections in malignant tumor patients during chemoradiotherapy and prevention countermeasures[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2019, 29(6): 872-875.
- 李珂, 杨振楠. PICC 相关血流感染风险预测模型的研究进展[J]. 中华护理杂志, 2022, 57(5): 551-554.
- Li K, Yang ZN. Research progress of PICC catheter related blood stream infection risk prediction model[J]. Chinese Jour-

nal of Nursing, 2022, 57(5): 551 - 554.

- [15] 张瑞芳, 李婷, 杜杰, 等. 第三方核查机制在预防新生儿 PICC 导管相关性感染中的效果评价[J]. 护士进修杂志, 2022, 37(9): 834 - 838.

Zhang RF, Li T, Du J, et al. Effect evaluation of third-party verification mechanism on prevention of neonatal PICC catheter-related infection[J]. Journal of Nurses Training, 2022, 37(9): 834 - 838.

- [16] 林海燕, 王芳, 王辉微, 等. 乳腺癌化疗患者外周静脉置入中心静脉导管置管感染的危险因素分析及其生活质量调查[J]. 现代生物医学进展, 2022, 22(8): 1573 - 1577.

Lin HY, Wang F, Wang HW, et al. Risk factors analysis and its quality of life survey of peripherally inserted central catheter infection in breast cancer patients undergoing chemotherapy[J]. Progress in Modern Biomedicine, 2022, 22(8): 1573 - 1577.

- [17] 王道军, 刘静, 左名秀, 等. 肿瘤患者经外周放置中心静脉导管相关性感染的病原菌分布、耐药性及影响因素分析[J]. 现代生物医学进展, 2019, 19(24): 4727 - 4731.

Wang DJ, Liu J, Zuo MX, et al. Analysis of distribution, drug resistance and influencing factors of pathogens of peripherally inserted central catheter related infections in patients with tumor[J]. Progress in Modern Biomedicine, 2019, 19(24):

4727 - 4731.

- [18] 韩如慧, 金美娟, 乔美珍, 等. 血液肿瘤患者经外周静脉置入中心静脉导管相关血流感染的影响因素分析[J]. 中国感染与化疗杂志, 2018, 18(2): 150 - 155.

Han RH, Jin MJ, Qiao MZ, et al. Risk factors of peripherally inserted central catheter-related bloodstream infection in patients with hematological malignancy[J]. Chinese Journal of Infection and Chemotherapy, 2018, 18(2): 150 - 155.

(本文编辑: 翟若南)

本文引用格式:周菊珍, 王丽华, 陈秋萍, 等. 基于随机森林模型的抗肿瘤化疗患者经外周静脉植入中心静脉导管置管后导管相关感染及影响因素[J]. 中国感染控制杂志, 2024, 23(2): 201 - 207. DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20244345.

Cite this article as: ZHOU Ju-zhen, WANG Li-hua, CHEN Qiu-ping, et al. Catheter-associated infection and influencing factors in anti-tumor chemotherapy treated patients after indwelling peripherally inserted central catheter: analysis based on random forest model[J]. Chin J Infect Control, 2024, 23(2): 201 - 207. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20244345.