

带隧道带涤纶套导管相关性血流感染危险因素预测模型的研究进展

刘 婷¹, 王润秀^{2*}

¹赣南医科大学第一临床医学院, 江西 赣州

²赣南医科大学第一附属医院肾内科, 江西 赣州

收稿日期: 2025年9月16日; 录用日期: 2025年10月9日; 发布日期: 2025年10月17日

摘 要

本文通过对维持性血液透析患者带隧道带涤纶套导管相关性血流感染预测模型的构建方法、验证及评价方法等进行总结, 阐述现阶段带隧道带涤纶套导管相关性血流感染预测模型的研究进展, 探讨构建预测模型过程中存在的局限性, 为后续预测模型的建立提供参考依据。

关键词

带隧道带涤纶套导管, 导管相关性血流感染, 预测模型, 血液透析

Research Progress on Prediction Models for Risk Factors of Related Bloodstream Infections with Tunnel-Cuffed Catheter

Ting Liu¹, Runxiu Wang^{2*}

¹The First Clinical Medical College of Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

²Department of Nephrology, The First Affiliated Hospital of Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

Received: September 16, 2025; accepted: October 9, 2025; published: October 17, 2025

Abstract

This paper summarizes the construction methods, verification and evaluation methods of the

*通讯作者。

文章引用: 刘婷, 王润秀. 带隧道带涤纶套导管相关性血流感染危险因素预测模型的研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(10): 1710-1717. DOI: 10.12677/acm.2025.15102937

prediction model of bloodstream infection associated with tunnel-cuffed catheter in maintenance hemodialysis patients, expounds the current research progress of the prediction model of bloodstream infection associated with tunnel-cuffed catheter, discusses the limitations in the construction of the prediction model, and provides reference for the subsequent establishment of the prediction model.

Keywords

Tunnel-Cuffed Catheter, Catheter-Associated Bloodstream Infection, Prediction Model, Hemodialysis

Copyright © 2025 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

终末期肾脏病(end-stage kidney disease, ESKD)是慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD)的晚期, 是全球健康问题, 正在迅速增加肾脏替代治疗的负担和需求[1]。血液透析(HD)是最常见的肾脏替代疗法形式, 约占所有肾脏替代疗法的 69%和所有透析的 89% [2], 数据显示, 欧洲 15%~50%的 ESRD 患者和美国 60%的 ESRD 患者首次透析所采用的通路类型为 CVC [3], 并且对于无法使用 AVF 作为透析通路的透析患者使用带隧道带涤纶套导管(tunnel-cuffed catheter, TCC)的比例最高[4], 因此增加了发生导管相关并发症的风险, 包括感染、血栓形成狭窄和导管功能不良及脱落等。使用 TCC 维持性血液透析患者导管相关感染大致可分为: 出口感染、隧道感染和导管相关血流感染(catheter-related bloodstream infection, CRBSI)。目前由于无菌技术的改进, 出口和隧道感染的发生率已经下降, 但 CRBSI 仍然是一个重大挑战。如若不有效及时地诊治, CRBSI 可能导致严重的并发症, 并增加其死亡率, 研究表明, 使用 CVC 的患者因感染和死亡住院的相对风险是使用 AVF 或血管移植的患者的 2~3 倍[5]。因此, 早期预测 CRBSI 的发生概率, 并加以干预以改善透析患者预后显得尤为重要。TCC 相关血流感染风险预测模型是评估个体发生血流感染可能性的重要工具, 目前已建立多个 TCC 相关性血流感染风险预测模型。本文对各个相关风险预测模型进行论述, 通过比较各模型优势及不足, 为下一步构建更适用于血液透析患者的 TCC 相关性血流感染风险预测模型提供参考依据。

2. 概述

2.1. 导管相关性血流感染概述

目前关于导管相关性血流感染的定义尚未有统一的标准。根据 2019 年发布的血管通路临床实践指南更新版[6], CRBSI 被定义为: 有感染相关的临床表现, 至少 1 次外周血培养阳性, 无其他明显感染源, 导管节段的半定量培养结果超过 15 CFU/节段或定量培养结果超过 100 CFU/节段, 同时导管节段培养出的病原体与外周血培养结果一致。中国血液透析用血管通路专家共识的第 2 版[7]将 CRBSI 定义为: 由于导管腔内或血管内部分感染播散至血液内造成的菌血症或败血症。

2.2. 导管相关性血流感染相关危险因素概述

查阅相关文献[8]-[15]资料显示导管相关性血流感染相关危险因素可分为以下方面, 第一患者自身因素, 包括年龄、合并症如糖尿病、营养不良、贫血、白蛋白等; 第二导管因素, 包括导管的类型及材质、

导管部位及留置时间、置管次数、置管环境;第三操作者技能;第四封管液及封管方式;第五其他因素(如诊疗因素、抗生素的使用、患者本身对导管的保护不当等)。

2.3. 临床预测模型概述

预测模型是指利用数学公式估计特定个体当前患有某病或将来发生某结局的概率[16],旨在量化评估个体当前罹患某特定疾病的概率,或是预测其未来出现某种临床结果的可能性,广泛应用于医疗决策、质量管理及资源的配置,例如用于估计急性 COVID-19 患者临床恶化风险的 ISARIC (国际严重急性呼吸道和新发感染联盟) 4C 模型[17]。临床预测模型的建立一般包括预测模型的构建、预测模型的评价及预测模型的验证。预测模型的构建方面通常包括 logistic 回归模型,多用于处理二分类或多分类结局;COX 比例风险模型,特别适用于生存分析;以及适合频数资料的泊松回归模型,目前机器学习、动态预测模型等更为多变的模型构建方法也正被更多人使用。预测模型的评价方面主要包括区分度、校准度、临床适用度及合理性分析等方面评估模型的性能。最后,预测模型验证包括内部验证和外部验证。内部验证体现模型的可重复性,利用原始数据资料通过随机分配、交叉验证及 Bootstrap 等方法来评估模型性能。外部验证体现模型的泛化能力,需要在一个不同但相关的数据集上验证模型的性能,包括时间上、空间上独立或完全独立的数据来验证。目前预测模型正在大量开发。如慢性阻塞性肺疾病诊断模型 > 400 个,心血管疾病预测模型 > 300 个,心血管疾病预测模型 8 个,COVID-19 预测模型 > 600 个[18]。尽管模型数量不断增加,但由于研究设计和分析问题(如样本量小、过拟合)、报告不完整(导致难以充分评价预测模型研究)以及与临床决策没有明确联系等问题,在临床实践中投入使用的模型很少。

3. 带隧道带涤纶套导管相关性血流感染危险因素预测模型研究进展

目前我国有大量关于血液透析患者导管相关性血流感染危险因素分析的文献,关于其风险预测模型也在逐渐开发中,如施国婵等[19]最早建立的针对 TCC 血液透析患者导管相关血流感染的评分系统,还有近期王旺等[20]构建的血透患者 CRBSI 的诺莫图预测模型等。临时 CVC 于 TCC 因其留置时间、材质及留置方式等不同,其 CRISI 危险因素也存在差异,如果不加以区分,导管类型差异带来的巨大风险差异会掩盖或扭曲其他真实影响因素的作用,发现故本文探索 TCC 相关血流感染预测模型,通过查阅文献筛选出了施国婵等[19]、尹红粉等[21]、刘莉莉等[22]、刘亚敏等[23]、袁祥萍等[24]、庞婷等[25]、熊媛媛等[26]建立的 TCC 导管相关血流感染预测模型,这些模型都是采用回顾性队列研究的方式,大多通过对自行收集病例数据做单因素、多因素 logistic 回归分析得到建立预测模型的风险因素,再通过建立列线图、评分系统或数学公式等形式展现预测模型,最后通过区分度、校准度及临床有效评价指标等进行模型评价及采用随机拆分法、k 倍交叉验证进行内部验证。以上模型都未进行外部验证,限制其在临床应用的推广,需进一步进行大样本量的外部验证等进一步完善和验证。

3.1. 在选取监测指标方面

在确定研究方向后需要选取相关风险因素作为监测指标,现有的预测模型的构建都是通过既往关于 CRBSI 风险因素的研究、临床数据获得的便宜性选取,也有的文章并未说明选取方法。施国婵等表明其选取的年龄、置管时长以及合并糖尿病等预测因子都是在临床上易获取的简易指标,极大提高了本评分系统在临床应用的可行性。刘亚敏等通过查阅相关文献选取合并症(包括是否有糖尿病、心血管疾病等)、原发病、腹膜透析病史、肾移植病史、透析龄、导管留置时间、导管位置、置管次数、既往导管感染史、透析血管通路变更史、透析充分性等指标作为监测指标,分析其与导管相关血流感染的相关性。参考既往的研究数据提高了监测指标选取的准确性,减少不必要的遗漏及超负荷的临床资料收集工作,但比较有赖于参考文献质量及是否对参考文献做综合分析。

3.2. 监测指标的分析, 确定预测指标

选取了监测指标之后要对数据进行统计分析, 确定最后用来建模的预测指标, 预测指标的选定决定了该预测模型的预测能力。现有 TCC 导管相关血流感染的预测模型大多采用 logistic 回归的方式进行单因素及多因素分析筛选长期导管相关血流感染的独立风险因素, 并将这些独立风险因素作为预测因子建立预测模型。但是研究人员会根据自身数据及要求的情况做出适当调整。如刘亚敏等未采用常用 $P < 0.05$ 界定相关性, 而是将 $P < 0.2$ 的单因素分析结果纳入多因素, 采用向后的 LR 法筛选纳入多因素分析变量时 α 放宽至 0.2, 其余统计学样准均为 $\alpha = 0.05$ 。这可以减少监测指标的筛选的遗漏, 提高模型的准确性。并且最后纳入了多个多因素分析中非独立危险因素但是既往研究结果提示可能存在相关性的指标, 提高了该预测模型的敏感性。除此之外庞婷等采用了 Lasso 回归的方式筛选预测指标, 一定程度上减轻了共线性问题。目前采用的预测指标有年龄、吸烟史、贫血、糖尿病、白蛋白水平、白细胞、高密度脂蛋白、维生素 B12、C-反应蛋白、血尿酸、透析龄、置管时长、3 月内导管相关感染史、导管护理频率、中心静脉病变、纤维蛋白鞘形成、股静脉导管置管、Charlson 合并症指数 ≥ 4 分、无菌培训率, 其中合并糖尿病是使用率最高的危险因素, 另外置管时长、导管护理频率、置管部位为股静脉、白蛋白水平使用率也较高。

3.3. 模型的呈现形式

现阶段常用的预测模型呈现方式有公式、列线图、评分系统等。施国婵等及刘亚敏采用评分系统的呈现方式, 施国婵等利用多因素回归的 β 系数进行赋值(β 值乘上 3 并四舍五入后取整数), 从而得出各独立相关因素对应的风险分值分别为: 患者年龄 ≥ 60 岁(3 分)、置管时长 ≥ 24 个月(2 分)、Charlson 合并症指数 ≥ 4 分(3 分)、合并糖尿病(4 分), 并且通过 ROC 曲线截断值最终确定分值 ≥ 7 分为高危人群。刘亚敏等则选择将多因素 Logistic 回归中各因素的 OR 值转换为风险模型的分值, 即 OR 值取整而得。袁祥萍等、熊媛媛等、庞婷等建立的预测模型采用的则是数学公式的呈现形式, 袁祥萍等建立预测模型公式为 $P = 1/1 + e^{[-(-4.496 + 1.018 \times (\text{年龄}) + 0.824 \times (\text{合并糖尿病}) + 1.181 \times (\text{股静脉导管置管}) + 1.315 \times (\text{透析时间} \geq 3 \text{ 年}) + 0.697 \times (\text{白蛋白水平} < 30 \text{ g/l})]}$ 。刘莉莉等、尹红粉等采用列线图的呈现方式, 根据列线图模型的最大约登指数, 得出最佳风险分层临界值将患者进行危险分层。预测模型的呈现形式对模型的技术性能(AUC、准确率等)没有影响, 但间接影响其在临床使用过程中的决策效能, 一个无法提供解释的预测模型是难以让人信服的, 间接影响其在临床的推广使用。

3.4. 预测模型的评价及验证

在模型建立过程中数据本身及数据分析方法等会对模型的预测性能产生影响, 可能建立的模型在开发数据中表现良好, 但在另一个数据集, 甚至来自同一人群的验证集的预测性能都差强人意, 对模型的临床应用及运用后的不良事件发生率有影响, 所以需要模型的评价及验证, 尽可能确保模型的预测性能。预测模型的评价主要包括区分度、校准度、临床适用度、合理性分析等指标。目前 ROC 曲线评价模型区分度、校准曲线评价校准度、决策分析曲线评价临床适用性是多数研究人员会选用的评价方法。模型的验证分为内部验证和外部验证, 目前建立的预测模型都是采用随机拆分的方法进行内部验证, 都是采用 7:3 的分割比例, 然而这个分割比例并没有得到验证是合适的分割方法。目前建立的预测模型都尚未进行外部验证。

现阶段国内建立的 TCC 导管相关性血流感染预测模型都有一定的临床意义及适用性, 但也存在一定的不足之处, 比如监测指标选取的局限性、样本量不足、缺少外部验证等一些列问题, 需要进一步努力改进完善。

4. 现有带隧道带涤纶套导管相关性血流感染危险因素预测模型存在问题及思考

4.1. 预测指标选取的不足

对于预测指标的选取都是通过查阅文献或自身经验性, 选取易于临床获得的指标, 再通过对自行收集的数据进行回归分析筛选预测指标。而这样选取的预测指标存在选择偏倚、信息偏倚等多方面的误差, 造成预测指标的遗漏, 降低预测模型的准确性及灵敏度。首先可以先通过 meta 分析的方法选取更全面、更具代表性的监测指标。如戴凡等[27]通过查阅文献及书籍等共筛选出 30 篇文献(包括指南、病例对照研究、系统评价、专家共识等), 对纳入的文献进行质量评价后, 结合专家小组讨论形成 3 个方面共 56 个风险预测因子作为监测指标。其次选取预测指标后采用 lasso 回归结合交叉验证进行预测指标选择, 并应用支持向量机递归特征消除算法优化预测指标, 得到更为精确的预测指标。James MT 等[28]除了对数据集进行多变量 Logistic 回归分析, 向后逐步回归法, 笔者还先用全监测指标建立模型, 然后逐步去除一些监测指标重新建模, 最后将减少监测指标后的简化模型与全监测指标模型进行比较, 如此得到的预测因子具有高水平的预测效力。

分析现有 TCC 导管相关血流感染预测模型, 其中年龄、糖尿病、导管留置时间、导管留置部位、低白蛋白多次作为预测因子建立预测模型, 可以将这些预测因子建立模型作为对照, 通过减少或增加预测因子, 建立不同模型, 并且相互比较, 逐步加强模型预测性能。(1) 年龄: 随着年龄增长, 免疫力逐渐下降, 皮肤屏障减弱, 同时各种合并症逐渐增多, 感染风险也随之增加, 查阅相关文献[29]-[31]均表明高龄是中心静脉置管患者发生 CRBSI 的独立危险因素; (2) 糖尿病: Shahar [32]等研究指出, 合并糖尿病是血液透析患者发生 CRBSI 的相关危险因素。糖尿病患者, 存在严重的代谢紊乱, 这会导致机体的天然免疫和获得性免疫功能都出现缺陷, 从而抑制了对入侵微生物的各种抵御反应, 长期高血糖也为微生物提供了丰富的营养来源, 有利于细菌和真菌的定居、生长和繁殖[33], 从而增加患者感染的风险; (3) 导管留置时间: 一项纳入 10 项研究、超过 3000 名对象的 Meta 分析发现, 导管留置时间与 CRBSI 显著相关($OR = 2.59$), 意味着留置时间长的患者发生感染的风险大约是时间短者的 2.6 倍[34]。随着导管留置时间延长, 细菌定植机会增加, 许多病原菌能在导管表面形成生物膜, 保护细菌免受免疫系统和抗生素攻击, 成为持续感染源; (4) 导管留置部位: 研究表明[34]股静脉置管的感染风险通常高于颈内静脉置管。股静脉靠近肛门及会阴部位, 定植的细菌比较多, 而且会因为患者的排泄导致污染, 并且下肢活动时容易破坏形成的皮肤屏障, 为细菌入侵提供通道, 国内外指南普遍推荐: 应优先选择颈内静脉作为中心静脉置管的首选部位, 而非股静脉; (5) 低白蛋白: 有研究[35]表明发现低蛋白血症是长期管感染的影响因素, 血清白蛋白(ALB) ≥ 30 g/L 是长期管感染的保护因素。当血清白蛋白降低时免疫球蛋白、补体等与免疫相关物质也减少, 同时修复能力也减弱, 导致感染几率增大, 定期监测血清白蛋白水平及营养支持是预防 CRBSI 的重要环节。上述不同危险因素都是通过免疫系统受损、皮肤屏障的破坏与移位及生物膜的形成与发展三个方面影响 CRBSI 的发生, 但是由于不同研究研究对象不同、样本量不同、统计方法的差异、置管技术及护理频率及病原体谱等的差异导致其重要性程度有所差异。

随着 AI 技术的发展, 机器学习法在预测模型的建立运用也越发广泛, 其建立的模型的在预测性能优于传统模型[36], 并且通过 SHAP 法对机器预测模型进行解释, 对预测因子进行重要性排序, 不断约减预测因子, 建立一个预测性能好并且便于临床推广的预测模型, 并与传统预测模型进行严格性能比较, 提升其临床可信度。而目前尚未发现有使用机器学习的方法建立 TCC 导管相关血流感染预测模型, 可以通过更大样本量、多中心的方法, 采用机器学习方法, 建立一个预测性能更好的预测模型。

4.2. 研究对象选取的不足

目前建立预测模型收集研究对象都是来自单中心, 并且纳入的样本量少, 代表性较差。可多中心搜

寻研究对象, 扩大样本量, 或者直接从数据库选取研究数据, 比如 Montero E 等[37]通过使用 2011~2012 年全国健康和营养检查调查(NHANES)周期的数据, 选取了 3017 研究对象, 开发和验证美国成人人群中重度至重度牙周炎的预测模型, 以供初级保健机构的医生用作筛查工具。该数据集是代表美国非机构化成年人口的样本, 是一多层面、多阶段的数据集, 使得建立的预测模型的准确性和延展性都比较具有信服力。除此之外, 不同模型建立时研究对象纳入标准不同, 采用的导管相关性血流感染的诊断标准不同, 使得该预测模型的适普性大打折扣。尽量统一诊断标准, 建立模型从普适到专一, 循序渐进, 合理范围内放大纳入标准, 建立较为完善的适用性较广的预测模型后再建立特异性强的预测模型。

4.3. 验证方法的不足

预测模型的验证分为内部验证及外部验证, 首先现有的预测模型都是采用随机拆分法进行内部验证, 而在样本量本身并不充足的情况下, 这种验证方法并不合适。如果训练集过小, 则不利于构建模型, 并且增加过度拟合和产生不可靠模型可能, 而如果测试集过小, 就无法准确估计模型的性能, 并且关于拆分的合适比例并未相关研究验证。所以尽可能增加原始数据样本量, 减少误差, 提高测试性能。再者随着样本量的增大, 训练集及测试集大的表现性能的差异会减小, 所以原则上不建议拆分原始数据, 在样本量足够大时候全部用以建议预测模型并报告表现性能即可[18], 或在样本量不足时采用重采用法进行验证, 包括自举法和 k 倍交叉验证法等。其次现有的预测模型均未进行外部验证, 无法证明该模型的通用性及可移植性, 导致建立的预测模型无法真正进入临床运用阶段。考虑现有的预测模型的样本量不足、代表性较差, 并且内部验证做得不够恰当, 外部验证就显得尤为重要, 应该完善现有预测模型的外部验证, 在验证其性能合格的情况下引入临床使用, 并且在临床实践中不断进行模型的优化。

4.4. 预测模型的单一性

在目前的建立的 TCC 导管相关性血流感染预测模型当中, 都对研究对象有着宽泛的标准, 目标建立一个普适性较好的预测模型, 其实在大量研究数据筛选出了有较大相关性的影响因素之后, 可以将其中一个影响因素的既定人群作为研究对象, 建立更具有针对性的预测模型, 比如老年人 TCC 导管相关感染风险预测模型、糖尿病患 TCC 导管相关感染风险预测模型等等, 虽然这种模型应用范围有限, 但更能满足预测需求, 也具有更高的准确性。传统预测模型通过患者自身情况及当下相关指标预测发生某件事情的概率, 而患者本身是处于不断变动过程的, 这就需要一个可以整合患者变化过程及相关危险因素随时间变化规律, 建立一个动态长期预测模型, 评估患者在不同时间段各项预测指标的变化, 更加综合评估患者发生 CRISB 的概率、发生时间及预后评估, 除此之外, 在模型构建时通过不断对人为干预后结果分析, 使得模型在给出发生概率的同时提供行动指引, 为临床工作人员提供后续决策建议。

5. 小结与展望

通过对维持性血液透析患者 TCC 导管相关血流感染危险因素的研究, 并构建风险预测模型, 可以帮助医疗工作者在临床医疗过程中对 TCC 早期感染及感染风险较高的人群进行筛选, 并对其进行早期干预及预防, 降低感染的发生率, 减少维持性血液透析患者导管相关感染死亡率。但是现阶段对于 TCC 导管相关血流感染危险因素预测模型的构建存在一系列问题, 如样本量不足、监测指标选取的方法的不足、内部验证不充分、缺乏外部验证及构建模型的单一性, 使得构建的预测模型难以真正加以运用, 所以需要更多中心、更大样本量及对所建模型更为科学完善的评估及验证, 建立或普适性好或针对性强的预测模型, 并且在通过科学充分的验证后能在临床诊疗中发挥其价值。

参考文献

- [1] Opoku-Asare, B., Boima, V., Ganu, V.J., Aboagye, E., Asafu-Adjaye, O., Asare, A.A., *et al.* (2023) Catheter-Related Bloodstream Infections among Patients on Maintenance Haemodialysis: A Cross-Sectional Study at a Tertiary Hospital in Ghana. *BMC Infectious Diseases*, **23**, Article No. 664. <https://doi.org/10.1186/s12879-023-08581-6>
- [2] Weijmer, M.C., Vervloet, M.G. and ter Wee, P.M. (2004) Compared to Tunnelled Cuffed Haemodialysis Catheters, Temporary Untunnelled Catheters Are Associated with More Complications Already within 2 Weeks of Use. *Nephrology Dialysis Transplantation*, **19**, 670-677. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfg581>
- [3] Himmelfarb, J., Vanholder, R., Mehrotra, R. and Tonelli, M. (2020) The Current and Future Landscape of Dialysis. *Nature Reviews Nephrology*, **16**, 573-585. <https://doi.org/10.1038/s41581-020-0315-4>
- [4] 中华人民共和国卫生部, 中华医学会肾脏病学分会. 全国血液净化病例信息登记数据(CNRDS) [EB/OL]. <https://www.cnrds.net>, 2024-09-24.
- [5] Dhingra, R.K., Young, E.W., Hulbert-Shearon, T.E., Leavey, S.F. and Port, F.K. (2001) Type of Vascular Access and Mortality in U.S. Hemodialysis Patients. *Kidney International*, **60**, 1443-1451. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1755.2001.00947.x>
- [6] Lok, C.E., Huber, T.S., Lee, T., Shenoy, S., Yevzlin, A.S., Abreo, K., *et al.* (2020) KDOQI Clinical Practice Guideline for Vascular Access: 2019 Update. *American Journal of Kidney Diseases*, **75**, S1-S164. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2019.12.001>
- [7] 金其庄, 王玉柱, 叶朝阳, 等. 中国血液透析用血管通路专家共识(第2版) [J]. 中国血液净化, 2019, 18(6): 365-381.
- [8] 豆欣蔓, 谢琪, 张丽红, 等. 经隧道式中心静脉导管行血液透析导管相关血流感染发病率及危险因素的系统评价与 Meta 分析[J]. 中国血液净化, 2023, 22(3): 214-220.
- [9] Zaroni, F., Pavone, L., Binda, V., Tripepi, G., D'Arrigo, G., Scalapogno, A., *et al.* (2021) Catheter-Related Bloodstream Infections in a Nephrology Unit: Analysis of Patient- and Catheter-Associated Risk Factors. *The Journal of Vascular Access*, **22**, 337-343. <https://doi.org/10.1177/1129729820939762>
- [10] Fram, D., Okuno, M.F.P., Taminato, M., Ponzio, V., Manfredi, S.R., Grothe, C., *et al.* (2015) Risk Factors for Bloodstream Infection in Patients at a Brazilian Hemodialysis Center: A Case-Control Study. *BMC Infectious Diseases*, **15**, Article No. 158. <https://doi.org/10.1186/s12879-015-0907-y>
- [11] Chopra, V., Ratz, D., Kuhn, L., Lopus, T., Chenoweth, C. and Krein, S. (2014) PICC-Associated Bloodstream Infections: Prevalence, Patterns, and Predictors. *The American Journal of Medicine*, **127**, 319-328. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2014.01.001>
- [12] Kaminski, M.A., Episcopia, B., Malik, S., Fornek, M., Landman, D., Xavier, G., *et al.* (2021) Trends in Central-Line-Associated Bloodstream Infections and Catheter-Associated Urinary Tract Infections in a Large Acute-Care Hospital System in New York City, 2016-2019. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, **42**, 842-846. <https://doi.org/10.1017/ice.2020.1293>
- [13] Demirci, R., Sahtiyanci, B., Bakan, A. and Akyuz, O. (2023) The Predictors of Catheter-Related Bloodstream Infections in Patients Undergoing Hemodialysis: A Single Center Experience. *The Journal of Vascular Access*, **24**, 76-81. <https://doi.org/10.1177/1129729821998836>
- [14] Guo, H., Zhang, L., He, H. and Wang, L. (2024) Risk Factors for Catheter-Associated Bloodstream Infection in Hemodialysis Patients: A Meta-Analysis. *PLOS ONE*, **19**, e0299715. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299715>
- [15] 徐芳芳. 中心静脉置管行血液透析患者发生导管相关性血流感染的危险因素分析[J]. 航空航天医学杂志, 2023, 34(9): 1044-1046.
- [16] 谷鸿秋, 周支瑞, 章仲恒, 等. 临床预测模型: 基本概念、应用场景及研究思路[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2018, 10(12): 1454-1456+1462.
- [17] Gupta, R.K., Harrison, E.M., Ho, A., *et al.* (2021) Development and Validation of the ISARIC 4C Deterioration Model for Adults Hospitalised with COVID-19: A Prospective Cohort Study. *The Lancet, Respiratory Medicine*, **9**, 349-359.
- [18] Collins, G.S., Dhiman, P., Ma, J., Schluskel, M.M., Archer, L., Van Calster, B., *et al.* (2024) Evaluation of Clinical Prediction Models (Part 1): From Development to External Validation. *British Medical Journal*, **384**, e074819. <https://doi.org/10.1136/bmj-2023-074819>
- [19] 施国婵, 马川寅, 孔曼丽, 等. 血透患者中心静脉导管相关血流感染风险评分系统的建立及验证[J]. 中国中西医结合肾病杂志, 2019, 20(5): 447-449.
- [20] 王旺, 赵晗. 慢性肾衰竭血液透析患者发生导管相关性血流感染的 Nomogram 预测模型构建[J]. 实用临床医药杂志, 2024, 28(18): 95-100.

- [21] 尹红粉. 维持性血液透析患者导管相关性血流感染危险因素、致病菌分析及预测模型构建[D]: [硕士学位论文]. 赣州: 赣南医学院, 2023.
- [22] 刘莉莉, 刘玉秋, 仰欣, 等. 血液透析患者带隧道带涤纶套导管相关性血流感染危险因素分析及预测模型构建与验证[J]. 中国血液净化, 2021, 20(11): 773-777.
- [23] 刘亚敏, 赵培翔, 王宇, 等. 透析导管相关血流感染的危险因素及风险预测模型[J]. 中华肾脏病杂志, 2022, 38(1): 23-28.
- [24] 袁祥萍, 程振田, 刘桂香, 等. 长期血液透析导管相关性血流感染风险预测模型构建[J]. 中华医院感染学杂志, 2022, 32(1): 61-65.
- [25] 庞婷, 吴伟莉, 杨斌姣. 维持性血液透析患者导管相关感染的病原菌情况、危险因素与预测模型构建[J]. 实用临床医药杂志, 2024, 28(21): 60-65.
- [26] 熊媛媛, 钟芳萍, 彭爱平, 等. 维持性血液透析患者导管相关感染风险预测模型构建与应对策略[J]. 中国血液净化, 2024, 23(3): 227-231.
- [27] 戴凡. 深静脉留置血液透析导管相关性血流感染风险预测模型的构建及验证[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南中医药大学, 2023.
- [28] James, M.T., Pannu, N., Hemmelgarn, B.R., Austin, P.C., Tan, Z., McArthur, E., *et al.* (2017) Derivation and External Validation of Prediction Models for Advanced Chronic Kidney Disease Following Acute Kidney Injury. *Journal of the American Medical Association*, **318**, 1787-1797. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.16326>
- [29] 冯然. 颅内高压患者中心静脉导管相关血流感染的临床分析[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2015(16): 75-76.
- [30] 罗杏英, 李佩球, 肖菲娜, 等. 血液透析中心静脉导管相关性血流感染患者医院感染特点及影响因素[J]. 中华医院感染学杂志, 2019, 29(22): 3431-3434.
- [31] 唐倩芸, 邢柏. 预测 PICC 导管相关血流感染风险的列线图模型的建立与验证[J]. 中国医药导报, 2020, 17(36): 45-48.
- [32] Shahar, S., Mustafar, R., Kamaruzaman, L., Periyasamy, P., Pau, K.B. and Ramli, R. (2021) Catheter-Related Bloodstream Infections and Catheter Colonization among Haemodialysis Patients: Prevalence, Risk Factors, and Outcomes. *International Journal of Nephrology*, **2021**, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2021/5562690>
- [33] Martin, K., Lorenzo, Y.S.P., Leung, P.Y.M., Chung, S., O'flaherty, E., Barker, N., *et al.* (2020) Clinical Outcomes and Risk Factors for Tunneled Hemodialysis Catheter-Related Bloodstream Infections. *Open Forum Infectious Diseases*, **7**, ofaa117. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofaa117>
- [34] 才智, 芦桂芝, 丑新宇, 等. 血液透析患者导管相关性血流感染危险因素的 Meta 分析[J]. 中国实用护理杂志, 2021, 37(23): 1830-1836.
- [35] 程永衡, 张均玉, 杨天兰. 血透长期管感染的影响因素分析[J]. 系统医学, 2024, 9(8): 8-11.
- [36] Mueller, B., Kinoshita, T., Peebles, A., Graber, M.A. and Lee, S. (2022) Artificial Intelligence and Machine Learning in Emergency Medicine: A Narrative Review. *Acute Medicine & Surgery*, **9**, e740. <https://doi.org/10.1002/ams2.740>
- [37] Montero, E., Herrera, D., Sanz, M., Dhir, S., Van Dyke, T. and Sima, C. (2019) Development and Validation of a Predictive Model for Periodontitis Using NHANES 2011-2012 Data. *Journal of Clinical Periodontology*, **46**, 420-429. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13098>