

导管相关血流感染的危险因素

徐硕仪¹ 王淑颖²

¹浙江中医药大学第四临床医学院,杭州 310053;²杭州市第一人民医院院感科,杭州 310000

通信作者:王淑颖,Email:wsy7310@163.com

【摘要】 导管相关血流感染是留置血管内导管的严重的并发症之一,影响患者治疗及预后。本文从置管、患者以及环境气候等因素对导管相关血流感染危险因素进行综述,对降低导管相关血流感染风险的多种干预措施进行评估,以期对导管相关血流感染的防治提供参考。

【关键词】 中心静脉导管;导管相关血流感染;危险因素;防治

DOI: 10.3760/cma.j.cn331340-20231107-00073

Risk factors of catheter-related bloodstream infections

Xu Shuoyi¹, Wang Shuying²

¹The Fourth Clinical Medical School, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310053, China; ²Department of Hospital-Acquired Infection Control, the First People's Hospital of Hangzhou, Hangzhou 310000, China

Corresponding author: Wang Shuying, Email:wsy7310@163.com

【Abstract】 Catheter-related bloodstream infection is one of the serious complications associated with indwelling intravascular catheters, which affects the treatment and prognosis of patients. This article summarizes the risk factors of catheter-related bloodstream infection including catheterization factors, patient factors and environmental/climatic conditions, and aims to provide reference for the prevention and management of catheter-related bloodstream infection.

【Key words】 Central venous catheter; Catheter related blood stream infection; Risk factors; Prevention and management

DOI: 10.3760/cma.j.cn331340-20231107-00073

中心静脉插管(central venous catheter,CVC)及经外周穿刺中心静脉导管(peripheral inserted central catheter,PICC)在临床上的应用越来越广泛,其降低了患者静脉炎的发生率,保证了患者的营养支持及肿瘤患者化疗的顺利进行,但由此引起的导管相关血流感染(catheter related blood stream infection,CRBSI)的发生率也随之增加。对于长期留置血管内导管的患者而言,一旦发生CRBSI,不仅会延长住院时间、增加医疗费用,而且会严重影响预后、增加死亡率。国内报道近年我国重症监护病房中CRBSI的平均发生率为1.5/1 000个导管日,平均死亡率为17.94%^[1],患者住院总费用平均增加30 713元^[2]。CRBSI的发生涉及多个环节,包括置管因素、患者因素和环境因素等。本研究概述影响CRBSI的相关危险因素,并评估降低其风险的多种干预措施,以期对未来的预防和治疗提供依据。

一、CRBSI与置管因素

1. 置管部位及导管类型

常见的CVC部位有颈内静脉、锁骨下静脉和股静脉,不同置管部位CRBSI的发生率有明显差异。Heidenreich等^[3]回顾性比较了血液系统恶性肿瘤患者颈内静脉和锁骨下静脉置管的CVC相关并发症,与锁骨下静脉置管组相比,颈内静脉置管组的CRBSI发生更早且更频繁,第15天的CRBSI发生率为10% vs. 0,CRBSI发生率为5.7/1 000个导管日 vs. 1.2/1 000个导管日;与锁骨下静脉-CVC相比,CRBSI在颈内静脉-CVC中更常见(26% vs 8%)。股静脉置管毗邻会阴部,认为易被污染导致感染风险升高,而Hentrich等^[4]比较了德国SECURITY中心监测到的52例股静脉与4 216例颈内静脉/锁骨下静脉CVC的CRBSI率和发生率,显示CRBSI发生率(3.8% vs. 9.6%)、CRBSI发生率(5.7/1 000个导管日 vs.

14.2/1 000 个导管日)以及中位 CVC 时间(5.5 d vs. 5 d)均没有显著差异。

在癌症患者中,使用 PICC 替代其他中心静脉通路装置越来越广泛,可避免与 CVC 放置相关的气胸或出血等机械并发症,PICC 引起的 CRBSI 较 CVC 低。一项多中心前瞻性研究对拉丁美洲 8 个国家 ICU 病房 CRBSI 的发生率和危险因素进行分析,结果显示 CRBSI 风险最高的是股静脉置管($OR=2.71, 95\%CI:1.61\sim 4.55$)和颈内静脉置管($OR=2.62, 95\%CI:1.82\sim 3.79$),而 PICC ($OR=1.25, 95\%CI:0.63\sim 2.51$)与 CRBSI 风险无关^[9]。Pitiriga 等^[6]将患者分为 CVC 组(共 1 187 例,9 774 个导管日)和 PICC 组(共 639 例,11 110 个导管日),CVC 组共发现了 59 例(4.9%)CRBSI,CRBSI 发生率为 6.03/1 000 个导管日,PICC 组共 18 例(2.8%),CRBSI 发生率为 1.62/1 000 个导管日,显著低于 CVC 组。

近年来,完全植入式静脉输液港(TIVAP)在医疗实践中得到了巨大发展,主要用于癌症患者的抗肿瘤化疗,优点包括更容易被患者接受、需要换药或冲管次数较少以及血栓形成风险较低。Jiang 等^[7]对 26 项研究进行 Meta 分析,发现在成年患者中 TIVAP 相关 CRBSI 的发生率为 4.8%(90/1 882),显著低于接受 CVC 置管患者的 29.3%(458/1 565)。Sun 等^[8]对 283 例进行超声引导下穿刺植入 TIVAP 的成年肿瘤患者进行回顾性分析,发现选择右侧锁骨下静脉穿刺置管具有更高的成功率和更低的感染率,主要由于成人患者通常左无名静脉位置较深,比右无名静脉变异更多。

2. 导管留置时间、次数及管腔数

CRBSI 的发生风险随着导管留置天数的增加而升高。Park 等^[9]选取了 1 053 名接受 PICC 置管的患者,其中,36 例患者确诊 CRBSI(3.5%,36/1 014; 1.14/1 000 个导管日),回归分析显示,导管天数与 CRBSI 风险呈线性依赖性关系。根据导管维持时间制定 CRBSI 的 ROC 曲线的 AUC 为 0.715($95\%CI:0.639\sim 0.790$),最佳截止值为 25 d。Hashimoto 等^[10]对 261 例接受化疗或免疫治疗的接受 PICC 置管的血液病患者进行回顾性分析,发现 PICC 留置时间延长(≥ 30 d)为 CRBSI 的危险因素,认为虽然 PICC 的留置时间取决于治疗周期,但留置时间应控制在 30 d 左右,并可根据需要拔出导管并重新插入。

置管次数增加是 CRBSI 的危险因素之一,Shahar 等^[11]的研究显示当置管次数 ≥ 3 次时,CRBSI 的发生率明显升高。一项多中心随机对照研究^[12]将 2 944 例患者分为 7 d 和 4 d 更换导管组,发现患者 CRBSI 发生率分别为 1.78%和 1.46%(绝对风险差异 0.32%, $95\%CI:0.73\sim 1.37$),相对于 4 d 更换导管组,7 d 组平均节省 483 澳元,成本降低率为 89%,认为

将导管装置更换间隔从每 4 天延长至每 7 天可以在不影响临床效果的情况下节省成本和工作量。

同时留置超过 1 个 CVC 也被认为会增加 CRBSI 的风险。Dube 等^[13]对 50 254 例留置 CVC 的患者进行回顾性队列研究,3 932 例同时使用 CVC 的患者中有 74 例(1.9%)出现 CRBSI,而 7 864 例单次使用 CVC 的患者中有 81 例(1.0%)出现 CRBSI。导管管腔数增加易导致病原菌通过连接处进入导管,且多腔导管的消毒以及维护难度更高,因此发生 CRBSI 风险更高。在 Baier 等^[14]对于血液病和肿瘤患者 CRBSI 发生率及危险因素的研究中,多腔导管被认为是独立危险因素。因此,在满足患者治疗需求的条件下,推荐尽可能减少多腔导管的使用。

3. 导管材料及抗生素涂层

CVC 的化学合成材料会影响病原微生物的附着能力和血管内血栓的形成。目前临床所使用的中心静脉导管材料主要是聚氨酯和硅酮,它们与 CRBSI 的相关性仍然存在争议。Hodson^[15]提出聚氨酯导管比硅酮导管硬度高、弹性小,对血管内皮创伤较大,增加发生 CRBSI 的风险。然而,也有研究认为两者与 CRBSI 发生并无明显关系。Wu 等^[16]招募了 3 144 例接受 TIVAP 的患者进行前瞻性研究,其中 1 226 例患者接受了硅胶导管植入,1 679 例患者接受了聚氨酯导管植入,发现两组患者在 CRBSI 风险方面无显著统计学差异(2.02% vs 1.01%, $P=0.153$)。

既往研究证明,与普通导管相比,使用抗菌药物涂层(如氯己定-磺胺嘧啶银、米诺环素-利福平等)导管可降低成人 CRBSI 发生风险。Kagan 等^[17]对 5 372 例接受 PICC 置管患者的资料进行回顾性分析,结果显示与使用抗菌药物涂层导管的患者相比,使用普通 PICC 导管的患者 CRBSI 风险高出 5.45 倍。然而,抗菌导管也具有局限性,如对患者自身的细胞毒性、增加病原菌耐药性,加之经济成本较高,目前在国内没有得到广泛使用。近年来,随着科技的进步,纳米结构涂层的开发,如石墨烯纳米材料,以及对抗菌肽、噬菌体等新型涂层材料的研发,为抗菌导管的发展提供了前景^[18]。Elfarargy 等^[19]使用二十烷与衣康酸接枝,交联聚乙烯亚胺作为保护活性层,发现可在 9 d 内抑制铜绿假单胞菌和金黄色葡萄球菌生物膜形成。

4. 置管环境及气候

以往研究认为 ICU 患者 CRBSI 发病率较普通病房高,然而近年一项对西班牙 55 家医院 2007—2019 年间确诊的 CRBSI 病例进行分析前瞻性研究中,发现 ICU 患者的 CRBSI 发病率呈显著下降趋势,73.7%的 CRBSI 发生在非 ICU 病房,62.7%与 CVC 有关,24.1%与外周静脉导管有关,13.3%与

PICC 有关, 该研究结果强调了在非 ICU 病房中加强 CRBSI 预防措施的重要性^[20]。

近年有研究发现, 气候因素可能与 CRBSI 的发生率增加相关。Blot 等^[21]回顾性分析了 15 年间全美国医院 CRBSI 发生率与气候变化的相关性, 发现在夏季革兰阴性菌所致 CRBSI 的发病率显著升高 (增加约 1 倍), 革兰阳性菌所致 CRBSI 仅在夏季至秋季期间显示出略高的发病率, 可能是与夏季较温暖、潮湿的皮肤环境易导致导管敷料破坏, 从而导致病原菌定植有关。

二、CRBSI 与患者因素

1. 急性生理和慢性健康评估 II 评分 (APACHE II 评分)

APACHE II 评分是被国际上广泛应用于评估疾病预后的一种最权威方法, 其评分包括患者年龄、心率、直肠温度、呼吸频率、平均动脉压、肝脏、肾脏、氧合作用、免疫功能等指标。Cheng 等^[22]发现 APACHE II 评分 >20 分和 CD4⁺ T 淋巴细胞数 <200 个 / μ L 是使用 CVC 进行连续肾脏替代治疗 (CRRT) 患者发生 CRBSI 的独立危险因素。APACHE II 评分与 CRBSI 患者预后也有着紧密联系。文亚坤等^[23]根据预后情况分别将发生 CRBSI 的 1 周、4 周的老年患者分为生存组和死亡组, 发现两组患者在发生 CRBSI 的 1 周、4 周时的 APACHE II 评分均存在差异性, 感染前 24 h 评分对于 CRBSI 患者预后的预测价值优于感染 24 h 评分。

2. 肥胖

肥胖被认为是导致感染风险增加的一个因素, 然而, 目前对于肥胖与 CRBSI 之间的关系还存在争议。一项荟萃分析显示, 体重指数 (BMI) ≥ 25 kg/m² 的患者发生 CRBSI 的风险增加 (OR 1.75, 95% CI : 1.38~2.22), 进一步分析表明, 超重、肥胖和严重肥胖患者均与 CRBSI 风险较高显著相关 (OR = 1.51, 95% CI : 1.10~2.08; OR = 1.43, 95% CI : 1.12~1.82; OR = 2.74, 95% CI : 1.85~4.05)^[24]。Buetti 等^[25]合并了 4 个大型随机对照试验的数据库进行分析, 发现 BMI ≥ 40 kg/m² 组患者与 BMI < 40 kg/m² 组相比的导管定植 (MCRI) 风险 (HR = 1.88, 95% CI : 1.13~3.12) 以及 CRBSI 风险 (HR = 2.19, 95% CI : 1.19~4.04) 增加, 可能与 BMI ≥ 40 kg/m² 的患者每根导管平均敷料中断率增加相关 (2.03 vs. 1.68, P = 0.05)。

3. 合并糖尿病

糖尿病患者长期糖代谢异常、抗体合成能力下降, 并且易发生微血管病变, 局部组织易感染且难以愈合, 导致 CRBSI 发生风险增加。Zhong 等^[26]发现高血糖 (血糖 > 10 mmol/L) 是 ICU 住院患者发生 CRBSI 的风险因素 (OR = 1.737, 95% CI : 1.119~2.697)。另有研究发现, 糖尿病是重症 CRBSI 患者死亡的独立危险因素, 死亡风险是非糖尿病

CRBSI 患者的 6.222 倍 (95% CI : 1.276~30.325, P = 0.024), 可能与高血糖环境更利于病菌生长与繁殖, 同时引起患者免疫系统功能障碍相关^[27]。

4. 合并肿瘤

CRBSI 发生风险与合并肿瘤类型有关。Chang 等^[28]发现血液肿瘤是留置 TIVAP 癌症患者晚期 (TIVAP 植入后 30 d 内) 发生 CRBSI 的危险因素之一, 可能是由于血液系统恶性肿瘤患者化疗方案较实体肿瘤的化疗疗程长、次数多, 因此发生 CRBSI 的风险较实体肿瘤患者更高。在留置 PICC 或 IVAP 的血液肿瘤患儿中, 急性髓系白血病患者 CRBSI 发生率比急性淋巴细胞白血病患者更高 (26% vs. 8%), 可能与前者治疗过程中的强化疗方案以及患者长期处于严重粒细胞缺乏状态有关^[29]。许妍等^[30]研究发现, 在 IVAP 的消化道肿瘤患者中, 食管癌和胰腺癌与 CRBSI 发生率升高相关, 其原因尚不明确, 可能与患者更易出现营养不良, 导致免疫功能下降有关。关于不同肿瘤分期与 CRBSI 的关系目前尚无报道, 待进一步研究。

5. 营养状况及免疫功能

患者营养状况差、合并低蛋白血症会引起淋巴细胞抗体合成下降, 还可使抗菌药物有效血药浓度降低, 从而导致 CRBSI 发生风险增加。一项荟萃分析显示^[31], 血浆白蛋白 <35 g/L 为血液透析患者发生 CRBSI 的危险因素 (OR = 2.07, 95% CI : 1.53~2.80)。免疫功能低下或进行免疫抑制治疗的患者发生 CRBSI 的风险相对较高。Perez 等^[32]采用回顾性队列研究发现, 中性粒细胞减少的患者输液感染移除率为 3.8%, 而无中性粒细胞减少的患者这一比例为 0.91%。Cheng 等^[22]研究证明 CD4⁺ T 淋巴细胞低 (<200 / μ L) 是使用 CVC 进行 CRRT 的患者发生 CRBSI 的独立危险因素。

三、CRBSI 与干预因素

1. 皮肤消毒剂选择

导管置入部位皮肤菌群是导致 CRBSI 的主要因素, 采用有效皮肤消毒剂消毒穿刺部位能够有效降低 CRBSI 的发生风险。Samuelson 等^[33]采用前瞻性队列研究来评估在导管插入前后 5 d 使用洗必泰或其他消毒剂去定植对 CRBSI 发生率影响, 发现消毒组和未消毒组的 CRBSI 发生率在 21 d 时分别为每 10 000 导管日 6.8 例和 35.0 例 (P = 0.009), 在 180 d 时分别为每 10 000 导管日 14.4 例和 26.0 例 (P = 0.025), 在置管后 21 d, 消毒组比未消毒组晚发生 CRBSI 的概率为 81% (95% CI : 74%~85%)。

2. 抗生素封管

目前有许多药物封管法已被用于治疗 and 预防 CRBSI, 例如抗菌药物、防腐剂 (乙醇、牛磺罗定) 以及抗凝剂 (如肝素),

然而相关指南并未对导管锁的使用提供明确指导。Signorino 等^[34]的研究表明, 抗生素封管治疗结合全身抗生素治疗在儿童 CRBSI 治疗中是有效和安全的。一项 Meta 分析研究了抗生素封管对接受血液透析的成年患者中 CRBSI 发生风险的影响, 发现使用抗生素封管治疗组比使用肝素封管对照组有更低的 CRBSI 发生率^[35]。Chug 等^[36]提出了一种利用一氧化氮供体 S-亚硝基-N-乙酰基青霉胺 (SNAP) 与氨苄青霉素抗生素结合作为导管封闭溶液的新方法, 有望克服抗生素耐药细菌引起的细菌感染问题。Xia 等^[37]报道了 1 例即将接受肾移植的患者, 成功使用尿激酶和左氧氟沙星进行封管治疗, 提示尿激酶联合左氧氟沙星封管在透析患者的 CRBSI 预防中可能有效。

3. 早期拔除导管

早期拔管是改善病原菌所致 CRBSI 患者预后的关键因素。生物膜的形成在真菌所致的 CRBSI 中起重要作用, 且与其耐药性密切相关。有研究显示, 在导管相关性真菌血流感染患者中, 临床分离真菌菌株生物膜形成率为 28.89%, 有生物膜菌株对伊曲康唑、氟康唑、伏立康唑等药物的耐药及中介菌株比例高于无生物膜者, 真菌生物膜使其对抗真菌药物反应差并难以清除^[38], 因此早期拔管有利于清除生物膜, 改善 CRBSI 患者预后。

4. 全身使用抗菌药物

目前指南不建议经验性全身使用抗菌药物预防 CRBSI 的发生。Buetti 等^[39]从 5 项大型、随机、对照 ICU 试验中纳入患者临床资料进行分析, 其中 11 361 例导管插入时 (60.6%) 使用了全身抗菌药物治疗, 抗菌组和非抗菌组患者的 CRBSI ($HR=0.85, 95\%CI: 0.60\sim 1.22$) 风险并无显著差异, 没有特定的抗菌药物种类可以降低 CRBSI 的风险, 提示无论导管置入时是否全身使用抗生素, 对于降低 CRBSI 发生率没有明显收益, 反而可能增加病原菌耐药率。

四、结语

CRBSI 的发生和预后与多种因素有相关性, 临床上需要及时识别和评估 CRBSI 危险因素, 包括置管因素、患者因素, 以及干预措施等进行综合探讨, 根据不同临床情境、患者特征等采取不同应对方案, 并评估多种干预措施在 CRBSI 预防和治疗中的潜在价值, 以期尽可能降低 CRBSI 发生率及病死率, 维护患者生命健康和安全。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Zeng C, Wu A, Li L, et al. Multi-center prospective study on central line-associated bloodstream infections in 79 ICUs of China [J]. *BMC Infect Dis*, 2021, 21 (1): 1208. DOI: 10.1186/s12879-021-06871-5.
- [2] 武迎宏, 曹煜隆, 周春莲, 等. 中央导管相关血流感染经济损失的病例对照研究[J]. *中华医院感染学杂志*, 2018, 28(17): 2615-2617. DOI: 10.11816/cn.ni.2018-173351.
- [3] Heidenreich D, Hansen E, Kreil S, et al. The insertion site is the main risk factor for central venous catheter-related complications in patients with hematologic malignancies[J]. *Am J Hematol*, 2022, 97(3): 303-310. DOI: 10.1002/ajh.26445.
- [4] Hentrich M, B?ll B, Teschner D, et al. Impact of the insertion site of central venous catheters on central venous catheter-related bloodstream infections in patients with cancer: Results from a large prospective registry[J]. *Infection*, 2023, 51(4): 1153-1159. DOI: 10.1007/s15010-023-02029-4.
- [5] Rosenthal VD, Jin Z, Valderrama-Beltran SL, et al. Multinational prospective cohort study of incidence and risk factors for central line-associated bloodstream infections in ICUs of 8 Latin American countries[J]. *Am J Infect Control*, 2023, 51(10): 1114-1119. DOI: 10.1016/j.ajic.2023.03.006.
- [6] Pitiriga V, Bakalis J, Theodoridou K, et al. Lower risk of bloodstream infections for peripherally inserted central catheters compared to central venous catheters in critically ill patients[J]. *Antimicrob Resist Infect Control*, 2022, 11(1): 137. DOI: 10.1186/s13756-022-01180-1.
- [7] Jiang M, Li CL, Pan CQ, et al. The risk of bloodstream infection associated with totally implantable venous access ports in cancer patient: A systematic review and meta-analysis[J]. *Support Care Cancer*, 2020, 28(1): 361-372. DOI: 10.1007/s00520-019-04809-x.
- [8] Sun X, Xu J, Xia R, et al. Efficacy and safety of ultrasound-guided totally implantable venous access ports via the right innominate vein in adult patients with cancer: Single-centre experience and protocol[J]. *Eur J Surg Oncol*, 2019, 45(2): 275-278. DOI: 10.1016/j.ejso.2018.07.048.
- [9] 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. DOI: 10.1371/journal.pone.0234966.
- [10] Hashimoto Y, Hosoda R, Omura H, et al. Catheter-related bloodstream infection associated with multiple insertions of the peripherally inserted central catheter in patients with hematological disorders[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 12209. DOI: 10.1038/s41598-021-91749-4.
- [11] Shahar S, Mustafar R, Kamaruzaman L, et al. Catheter-related bloodstream infections and catheter colonization among haemodialysis patients: Prevalence, risk factors, and outcomes[J]. *Int J Nephrol*, 2021, 2021: 5562690. DOI: 10.1155/2021/5562690.
- [12] Rickard CM, Marsh NM, Larsen EN, et al. Effect of infusion set replacement intervals on catheter-related bloodstream infections (RSVP): A randomised, controlled, equivalence (central venous access device)-non-inferiority (peripheral arterial catheter) trial[J]. *Lancet*, 2021, 397(10283): 1447-1458. DOI: 10.1016/S0140-6736

- (21)00351-2.
- [13] Dube WC, Jacob JT, Zheng Z, et al. Comparison of rates of central line-associated bloodstream infections in patients with 1 vs 2 central venous catheters[J]. *JAMA Netw Open*, 2020, 3(3): e200396. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2020.0396.
- [14] Baier C, Linke L, Eder M, et al. Incidence, risk factors and healthcare costs of central line-associated nosocomial bloodstream infections in hematologic and oncologic patients[J]. *PLoS One*, 2020, 15(1): e0227772. DOI: 10.1371/journal.pone.0227772.
- [15] Hodson J. The case for using implanted ports[J]. *Br J Nurs*, 2019, 28(Sup14a): S3-S10. DOI: 10.12968/bjon.2019.28.Sup14a.S3.
- [16] Wu CF, Fu JY, Hsieh TY, et al. Does catheter material affect functional performance of intravenous ports via the superior vena cava? [J]. *PLoS One*, 2021, 16(10): e0253818. DOI: 10.1371/journal.pone.0253818.
- [17] Kagan E, Salgado CD, Banks AL, et al. Peripherally inserted central catheter-associated bloodstream infection: Risk factors and the role of antibiotic-impregnated catheters for prevention[J]. *Am J Infect Control*, 2019, 47(2): 191-195. DOI: 10.1016/j.ajic.2018.07.006.
- [18] Fan X, Yang F, Nie C, et al. Biocatalytic nanomaterials: A new pathway for bacterial disinfection[J]. *Adv Mater*, 2021, 33(33): e2100637. DOI: 10.1002/adma.202100637.
- [19] Elfaragy RG, Sedki M, Samhan FA, et al. Surface grafting of polymeric catheters and stents to prevent biofilm formation of pathogenic bacteria[J]. *J Genet Eng Biotechnol*, 2023, 21(1): 92. DOI: 10.1186/s43141-023-00545-2.
- [20] Badia-Cebada L, Peñafiel J, Saliba P, et al. Trends in the epidemiology of catheter-related bloodstream infections; towards a paradigm shift, Spain, 2007 to 2019[J]. *Euro Surveill*, 2022, 27(19): 2100610. DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2022.27.19.2100610.
- [21] Blot K, Hammami N, Blot S, et al. Gram-negative central line-associated bloodstream infection incidence peak during the summer: A national seasonality cohort study[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 5202. DOI: 10.1038/s41598-022-08973-9.
- [22] Cheng S, Xu S, Guo J, et al. Risk factors of central venous catheter-related bloodstream infection for continuous renal replacement therapy in kidney intensive care unit patients [J]. *Blood Purif*, 2019, 48(2): 175-182. DOI: 10.1159/000495024.
- [23] 文亚坤, 孙宝君, 龚美亮. 不同评分系统对老年导管相关性血流感染预后评估的比较研究[J]. *中华医院感染学杂志*, 2018, 28(5): 707-710. DOI: 10.11816/cn.ni.2017-172640.
- [24] Wang Y, Xiang Q, Wu J, et al. Obesity and the risk of catheter-related bloodstream infection: A systematic review and meta-analysis[J]. *Antimicrob Resist Infect Control*, 2022, 11(1): 141. DOI: 10.1186/s13756-022-01166-z.
- [25] Buetti N, Souweine B, Mermel L, et al. Obesity and risk of catheter-related infections in the ICU. A post hoc analysis of four large randomized controlled trials[J]. *Intensive Care Med*, 2021, 47(4): 435-443. DOI: 10.1007/s00134-020-06336-4.
- [26] Zhong Y, Zhou L, Liu X, et al. Incidence, Risk factors, and attributable mortality of catheter-related bloodstream infections in the intensive care unit after suspected catheters infection: A retrospective 10-year cohort study[J]. *Infect Dis Ther*, 2021, 10(2): 985-999. DOI: 10.1007/s40121-021-00429-3.
- [27] 杨婷, 李迎霞, 王晨钟等. 神经外科中心静脉导管相关血流感染病原学及死亡危险因素[J]. *中华医院感染学杂志*, 2021, 31(1): 86-90.
- [28] Chang TC, Yen MH, Kiu KT. Incidence and risk factor for infection of totally implantable venous access port[J]. *Langenbecks Arch Surg*, 2022, 407(1): 343-351. DOI: 10.1007/s00423-021-02328-0.
- [29] 王丹, 张娜, 邵静波等. 血液肿瘤患儿中心静脉导管相关血流感染的危险因素分析[J]. *中国感染与化疗杂志*, 2022, 22(1): 1-7. DOI: 10.16718/j.1009-7708.2022.01.001.
- [30] 许妍, 赵平凡, 赵瑞莹, 等. 消化道肿瘤患者植入式静脉输液港导管相关性血流感染的影响因素[J]. *中华医院感染学杂志*, 2019, 29(22): 3427-3430. DOI: 10.11816/cn.ni.2019-183412.
- [31] 林丽玉, 许丽春, 张鑫, 等. 血液透析患者中心静脉导管发生相关血流感染危险因素的 Meta 分析[J]. *中华护理杂志*, 2021, 56(10): 1478-1484. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2021.10.006.
- [32] Perez AW, Watchmaker JM, Brown DB, et al. Association between periprocedural neutropenia and early infection-related chest port removal[J]. *Radiology*, 2019, 291(2): 513-518. DOI: 10.1148/radiol.2019182175.
- [33] Samuelson C, Kaur H, Kritsotakis EI, et al. A daily topical decontamination regimen reduces catheter-related bloodstream infections in haematology patients[J]. *J Infect*, 2018, 76(2): 132-139. DOI: 10.1016/j.jinf.2017.10.014.
- [34] Signorino C, Fusco E, Galli L, et al. Effectiveness of antimicrobial lock therapy for the treatment of catheter-related and central-line-associated bloodstream infections in children: A single center retrospective study[J]. *Antibiotics (Basel)*, 2023, 12(5): 800. DOI: 10.3390/antibiotics12050800.
- [35] Haq A, Patel D, Gutlapalli SD, et al. A systematic review of the impact of antibiotic and antimicrobial catheter locks on catheter-related infections in adult patients receiving hemodialysis[J]. *Cureus*, 2023, 15(9): e45000. DOI: 10.7759/cureus.45000.
- [36] Chug MK, Griffin L, Garren M, et al. Antimicrobial efficacy of a nitric oxide-releasing ampicillin conjugate catheter lock solution on clinically-isolated antibiotic-resistant bacteria[J]. *Biomater Sci*, 2023, 11(19): 6561-6572. DOI: 10.1039/d3bm00775h.
- [37] Xia C, Fan J, Xu C, et al. Urokinase-based lock solutions for catheter salvage: A case of an upcoming kidney transplant recipient[J]. *Open Med (Wars)*, 2023, 18(1): 20230699. DOI: 10.1515/med-2023-0699.
- [38] 王芳, 余锋, 姚豪杰, 等. 导管相关性真菌血流感染病原菌生物膜形成及预后影响因素[J]. *中华医院感染学杂志*, 2022, 32(3): 408-411. DOI: 10.11816/cn.ni.2022-210582.
- [39] Buetti N, Souweine B, Mermel L, et al. Concurrent systemic antibiotics at catheter insertion and intravascular catheter-related infection in the ICU: A post hoc analysis using individual data from five large RCTs[J]. *Clin Microbiol Infect*, 2021, 27(9): 1279-1284. DOI: 10.1016/j.cmi.2020.10.026.