

DOI:10.13350/j.cjpb.260220

• 临床研究 •

基于菌群调控的精细化护理对颅内动脉支架术后感染的预防效果分析*

张素霞^{1**}, 孙怡然², 孟文娟¹, 路红燕¹, 路延朋¹

(1. 邢台市中心医院神经内科, 河北邢台 054000; 2. 河北省人民医院儿童康复科)

【摘要】 目的 探讨基于菌群调控的精细化护理对颅内动脉支架术后感染的预防效果, 为临床护理提供参考依据。

方法 选取2023年1月至2024年1月在本院接受颅内动脉支架术的178例患者作为研究对象, 按照随机数字表法分为对照组(110例)和观察组(68例)。对照组采用常规护理, 观察组在常规护理基础上实施基于菌群调控的精细化护理, 比较两组患者术后感染发生率、病原菌分布, 检测并对比两组患者炎症反应指标、免疫功能指标、肠道菌群相关指标, 同时分析肠-肺轴相关指标的相关性。 **结果** 两组患者性别、年龄、基础疾病等一般资料差异无统计学意义($P > 0.05$), 具有可比性。观察组术后感染发生率(0%)显著低于对照组(6.36%)($P < 0.05$)。观察组术后第7d血清IL-6、TNF- α 及PCT水平均显著低于对照组($P < 0.05$), 中性粒细胞AMPK磷酸化水平显著高于对照组($P < 0.05$)。观察组术后第7d肠道Shannon指数、拟杆菌属丰度、血清丁酸浓度显著高于对照组($P < 0.05$), 厚壁菌门/拟杆菌门比值、血清TUDCA水平显著低于对照组($P < 0.05$)。相关性分析显示, 血清TUDCA水平与中性粒细胞AMPK磷酸化呈强负相关($P < 0.05$), 丁酸水平与IL-6水平呈强负相关($P < 0.05$), 拟杆菌属丰度与PCT水平呈强负相关($P < 0.05$)。 **结论**

基于菌群调控的精细化护理可有效降低颅内动脉支架术后感染的发生率, 其机制可能与改善肠道菌群结构、调节相关代谢物水平, 进而通过肠-肺轴调控炎症反应和免疫功能有关。

【关键词】 菌群调控; 精细化护理; 颅内动脉支架术; 术后感染; 肠-肺轴

【文献标识码】 A **【文章编号】** 1673-5234(2026)02-0241-05

[Journal of Pathogen Biology. 2026 Feb.; 21(02):241-245.]

Preventive effect of refined nursing based on flora regulation on infections after intracranial artery stenting

ZHANG Suxia¹, SUN Yiran², MENG Wenjuan¹, LU Hongyan¹, LU Yanpeng¹ (1. Department of Neurology, Xingtai Central Hospital, Xingtai, Hebei 054000, China; 2. Department of Child Rehabilitation, Hebei Provincial People's Hospital)***

【Abstract】 **Objective** To explore the preventive effect of refined nursing based on flora regulation on infections after intracranial artery stenting, and to provide a reference for clinical nursing. **Methods** A total of 178 patients who underwent intracranial artery stenting in our hospital from January 2023 to January 2024 were selected as the research objects. They were divided into a control group (110 cases) and an observation group (68 cases) according to the random number table method. The control group received routine nursing, while the observation group received refined nursing based on flora regulation on the basis of routine nursing. The incidence of postoperative infection and the distribution of pathogenic bacteria were compared between the two groups. The inflammatory response indexes, immune function indexes, and intestinal flora-related indexes of the two groups were detected and compared. Meanwhile, the correlation of intestine-lung axis-related indexes was analyzed. **Results** There were no significant differences in general data such as gender, age, and underlying diseases between the two groups ($P > 0.05$), indicating comparability. The incidence of postoperative infection in the observation group (0%) was significantly lower than that in the control group (6.36%) ($P < 0.05$). On the 7th day after operation, the serum levels of IL-6, TNF- α , and PCT in the observation group were significantly lower than those in the control group ($P < 0.05$), and the phosphorylation level of neutrophil AMPK was significantly higher than that in the control group ($P < 0.05$). On the 7th day after operation, the intestinal Shannon index, *Bacteroides* abundance, and serum butyric acid concentration in the observation group were significantly higher than those in the control group ($P < 0.05$), while the *Firmicutes/Bacteroidetes* ratio and serum TUDCA level were significantly lower than those in the control group ($P < 0.05$). Correlation analysis showed that serum TUDCA level was strongly negatively correlated with neutrophil AMPK phosphorylation ($P < 0.05$), butyric acid level was strongly

* **【基金项目】** 邢台市重点研发计划自筹项目社会发展领域专项(No. 2022ZC130)。

** **【通信作者(简介)】** 张素霞(1972-), 女, 河北邢台人, 本科, 副主任护师, 主要从事神经内科护理工作。E-mail: zsx15612992697@163.com

negatively correlated with IL-6 level ($P < 0.05$), and *Bacteroides* abundance was strongly negatively correlated with PCT level ($P < 0.05$). **Conclusion** Refined nursing based on flora regulation can effectively reduce the incidence of infections after intracranial artery stenting. The mechanism may be related to improving the intestinal flora structure, regulating the levels of related metabolites, and then regulating inflammatory response and immune function through the intestine-lung axis.

【Keywords】 flora regulation; refined nursing; intracranial artery stenting; postoperative infection; gut-lung axis

颅内动脉狭窄是导致缺血性脑血管病的重要病因之一,在中老年群体中的患病率较高。随着神经介入技术的发展,颅内动脉支架术因其能有效增加脑血管血流灌注、降低脑卒中再发的风险而成为临床治疗颅内动脉狭窄的常规手段之一^[1]。但该手术属于有创操作,患者术后要长期卧床,并且机体经手术的创伤后会出现免疫功能降低等情况,感染是其术后常见的并发症之一^[2]。相关临床调查数据统计显示,颅内动脉支架术后感染的发生率可能高达15%~30%,一旦出现术后感染可使患者的住院时间延长、医疗费用增加,并且会使原本脑组织已经缺血缺氧、脑功能下降的患者脑组织受到更严重的脑水肿、脑梗死等损害,极大地降低患者的治疗效果与质量,并有可能威胁到患者的生命安全^[3]。目前,在临床针对颅内动脉支架术后感染预防的手段往往采取的是常规护理措施,如对病情的监测、呼吸道护理、饮食方面的指导等,尽管在一定程度上能够减少因炎症导致的感染风险,但在护理的临床实践中的有效性相对较低。近些年,随着对微生物学的研究不断深入,已发现机体的肠道菌群和机体的免疫功能、炎症反应有着密切的相关性,“肠-肺轴”的理论被提出后,在一定程度上为术后感染的预防带来了一条全新思路^[4]。已有研究指出,肠道菌群失调与感染发生存在相关性,调控肠道菌群可使机体获得良好的免疫能力,降低感染发生率^[5]。

本研究通过对比常规护理和基于菌群调控的精细化护理对患者术后感染、有关指标的情况的影响,分析这一护理干预方案的应用临床价值,为颅内动脉支架术后感染的预防提供新的护理策略和理论依据。

对象与方法

1 研究对象

选取2023年1月至2024年1月于邢台市中心医院神经内科接受颅内动脉支架术的178例患者作为研究对象。纳入标准:①经临床症状及头颅CT、磁共振血管造影等影像学检查确诊为颅内动脉狭窄,且符合颅内动脉支架术手术指征;②年龄在55~75岁之间;③首次接受颅内动脉支架术;④患者及家属自愿参与本研究,并签署知情同意书。排除标准:①合并严重肝、肾、心等重要脏器功能衰竭者;②术前已存在感染者;③存在肠道疾病(如炎症性肠病、肠结核等)影响肠

道菌群者;④近1个月内使用过抗生素、益生菌、益生元等可能影响肠道菌群的药物;⑤存在精神疾病或认知功能障碍,无法配合护理及研究相关检查者;⑥对本研究中使用的益生菌等相关物品过敏者。采用随机数字表法将符合纳入标准的患者分为对照组和观察组,对照组110例,观察组68例。

2 护理方法

对照组采用颅内动脉支架术后常规护理,具体措施如下:①病情监测:术后密切监测患者生命体征,包括体温、脉搏、呼吸、血压等,每2h监测1次,连续监测24h,之后根据患者病情改为每4~6h监测1次,观察患者意识状态、瞳孔变化,有无头痛、呕吐等不适症状;②伤口护理:观察手术切口有无渗血、渗液,保持伤口敷料清洁干燥,若敷料污染及时更换,术后24h内观察穿刺部位有无血肿形成,指导患者避免穿刺侧肢体过度活动;③呼吸道护理:指导患者有效咳嗽、咳痰,对于痰液黏稠者,给予雾化吸入(生理盐水20mL+氨溴索30mg),每日2次,每次15~20min,定期协助患者翻身、叩背,促进痰液排出;④饮食护理:术后6h若无恶心、呕吐等不适,可给予流质饮食,逐渐过渡到半流质、普通饮食,指导患者进食高蛋白、高维生素、易消化的食物,保证营养均衡;⑤用药护理:按照医嘱给予抗血小板聚集、改善循环等药物,观察药物疗效及不良反应。

在对照组常规护理的基础上,对观察组患者实施基于菌群调控的精细化护理,具体措施如下:①肠道菌群检测与评估:分别于术前1d、术后第7d采集患者粪便标本,采用16S rRNA基因测序技术检测肠道菌群组成及多样性,根据检测结果评估患者肠道菌群状态,制定个性化的菌群调控方案;②饮食干预:根据肠道菌群检测结果及患者饮食习惯,制定个性化饮食方案,增加富含膳食纤维的食物摄入,如燕麦、芹菜、苹果等,每日膳食纤维摄入量控制在25~30g,对于拟杆菌属丰度较低的患者,适当增加豆类、洋葱等富含低聚糖的食物,对于厚壁菌门/拟杆菌门比值较高的患者,减少高脂肪、高糖食物的摄入,同时,保证患者每日饮水量在1500~2000mL;③益生菌干预:给予患者益生菌制剂(双歧杆菌三联活菌胶囊,规格:0.21g/粒)口服,每次2粒,3次/d,于饭后30min服用,连续服用7d;④肠功能维护:密切观察患者肠道功能,包括排便次

数、粪便性状等,若患者出现便秘,可给予腹部按摩(顺时针方向,每次10~15 min,2~3次/d),必要时遵医嘱使用乳果糖口服液等缓泻剂,保持肠道通畅,避免使用可能损伤肠道黏膜的药物;⑤健康教育与心理护理:向患者及家属讲解肠道菌群与机体感染的关系、菌群调控的重要性及相关护理措施,提高患者的依从性,关注患者心理状态,及时进行心理疏导,缓解其焦虑、紧张情绪。

3 检测指标及方法

3.1 一般资料收集 收集两组患者性别、年龄、基础疾病(高血压、糖尿病、冠心病)、手术时间、支架直径等一般资料。

3.2 术后感染相关指标 ①感染发生率:术后密切观察患者是否出现感染相关症状,根据《医院感染诊断标准(试行)》相关标准,判断是否发生术后感染,计算术后感染发生率;②病原菌检测:对于发生术后感染的患者,采集相关标本,按照 CLSI 相关规定进行病原菌培养及鉴定。将标本接种于血琼脂平板、巧克力琼脂平板等培养基上,35℃培养24~48 h,观察菌落形态,通过生化反应、质谱分析等方法鉴定病原菌种类,统计病原菌分布情况。

4 炎症反应及免疫功能指标

分别于术后第7 d采集患者空腹静脉血5 mL,3 000 r/min(离心半径10.5 cm)离心10 min分离血清,采用酶联免疫吸附试验(ELISA)检测血清IL-6、TNF- α 水平,试剂盒购自上海酶联生物科技有限公司,严格按照试剂盒说明书操作。采用免疫比浊法检测血清PCT水平,检测仪器为日立7600全自动生化分析仪。采用Western blot法检测中性粒细胞AMPK磷酸化水平,取患者外周血分离中性粒细胞,提取蛋白,进行电泳、转膜、封闭,加入一抗(AMPK磷酸化抗体)孵育过夜,再加入二抗孵育,显色后用Image J软件分析灰度值,计算相对表达量。

5 肠道菌群相关指标

5.1 肠道菌群多样性及组成 分别于术前、术后第7 d采集患者粪便标本,采用16S rRNA基因测序技术检测肠道Shannon指数(反映菌群多样性)、拟杆菌属丰度、厚壁菌门/拟杆菌门比值。标本采集后立即置于-80℃低温冰箱(日本,三洋)保存,送至专业检测公司进行检测。

5.2 血清代谢物 于术后第7 d采集患者空腹静脉血5 mL,离心分离血清,采用高效液相色谱-质谱联用技术(HPLC-MS)检测血清丁酸、TUDCA浓度,检测仪器为Agilent 1290 Infinity II高效液相色谱仪和Agilent 6470三重四极杆质谱仪。

5.3 肠-肺轴相关指标相关性分析 采用Pearson相

关性分析方法,分析血清TUDCA水平与中性粒细胞AMPK磷酸化、丁酸水平与IL-6水平、拟杆菌属丰度与PCT水平的相关性。

6 统计学分析

采用SPSS 26.0统计学软件进行数据分析。计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料以例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验;相关性分析采用Pearson相关分析,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结果

1 两组患者一般资料对比

对照组患者男性62例(56.36%,62/110),女性48例(43.64%,48/110),平均年龄(64.92 \pm 5.27)岁,78例合并高血压(70.91%,78/110),35例合并糖尿病(31.82%,35/110),29例合并冠心病(26.36%,29/110),平均手术时间(82.02 \pm 9.18)min,平均支架直径(3.13 \pm 0.56)mm。观察组患者男性38例(55.88%,38/68),女性30例(44.12%,30/68),平均年龄(64.56 \pm 4.48)岁,49例合并高血压(72.06%,49/68),22例合并糖尿病(32.35%,22/68),18例合并冠心病(26.47%,18/68),平均手术时间(81.06 \pm 7.80)min,平均支架直径(3.10 \pm 0.46)mm。两组患者性别、年龄、基础疾病等一般资料差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。见表1。

表1 两组患者一般资料对比

Table 1 Comparison of general data between the two groups of patients

指标	对照组 (n=110)	观察组 (n=68)	χ^2/t	P
性别(男/女)	62/48	38/30	0.004	0.950
年龄(岁)	64.92 \pm 5.27	64.56 \pm 4.48	-0.467	0.641
高血压	78(70.91%)	49(72.06%)	0.027	0.869
基础疾病 糖尿病	35(31.82%)	22(32.35%)	0.006	0.941
冠心病	29(26.36%)	18(26.47%)	0.000	0.987
手术时间(min)	82.02 \pm 9.18	81.06 \pm 7.80	-0.717	0.475
支架直径(mm)	3.13 \pm 0.56	3.10 \pm 0.46	-0.300	0.764

2 两组患者术后感染发生率及病原菌分布

对照组患者中7例术后发生术后感染,发生率为6.36%(7/110),观察组患者中未发现发生术后感染者,观察组术后感染发生率显著低于对照组,差异有统计学意义($\chi^2 = 4.504, P < 0.05$)。对照组发生术后感染患者中,共检出病原菌9株,包括3株铜绿假单胞菌(33.33%,3/9),3株肺炎克雷伯菌(33.33%,3/9),2株金黄色葡萄球菌(22.22%,2/9),1株凝固酶阴性葡萄球菌(11.11%,1/26)。

3 两组患者炎症反应及免疫功能对比

观察组术后第7 d血清IL-6、TNF- α 、PCT、中性粒细胞AMPK磷酸化水平分别为(28.25 \pm 3.27)pg/

mL、(21.36 ± 2.35) pg/mL、(0.43 ± 0.05) ng/mL、0.57 ± 0.05, 对照组分别为(45.52 ± 7.12) pg/mL、(33.40 ± 5.07) pg/mL、(0.97 ± 0.22) ng/mL、0.31 ± 0.05。

观察组术后第7 d 血清 IL-6、TNF-α、PCT 水平均显著低于对照组($t = -21.947, -21.457, -25.149$, 均 $P < 0.05$), 中性粒细胞 AMPK 磷酸化水平显著高于对照组($t = 36.354, P < 0.05$), 提示其功能改善。

4 两组患者肠道菌群变化对比

两组患者术前肠道 Shannon 指数对比差异无统计学意义($P > 0.05$), 观察组术后第7 d 肠道 Shannon 指数、拟杆菌属丰度分别为(3.91 ± 0.17)、(39.82 ± 1.68)%, 显著高于对照组($P < 0.05$); 厚壁菌门/拟杆菌门比值为(1.23 ± 0.08), 显著低于对照组($P < 0.05$)。代谢物分析显示, 观察组血清丁酸浓度为(58.43 ± 2.52) μmol/L, 较对照组显著升高; TUDCA 水平为(26.12 ± 1.58) μmol/L, 较对照组显著降低($P < 0.05$)。见表2。

表2 两组患者肠道菌群变化对比
Table 2 Comparison of changes in intestinal flora between the two groups of patients

指标	对照组 (n=110)	观察组 (n=68)	t	P
术前肠道菌群 Shannon 指数	3.79 ± 0.13	3.79 ± 0.11	-0.185	0.853
术后第7 d 肠道菌群 Shannon 指数	3.18 ± 0.08	3.91 ± 0.17	32.484	0.000
拟杆菌属丰度(%)	27.88 ± 1.32	39.82 ± 1.68	49.785	0.000
厚壁菌门/拟杆菌门比值	1.92 ± 0.09	1.23 ± 0.08	-52.545	0.000
血清丁酸(μmol/L)	34.71 ± 1.97	58.43 ± 2.52	66.138	0.000
血清 TUDCA(μmol/L)	43.06 ± 4.38	26.12 ± 1.58	-30.629	0.000

5 肠-肺轴相关指标相关性分析

相关性分析结果显示, 患者血清 TUDCA 水平与中性粒细胞 AMPK 磷酸化呈强负相关($r = -0.869, P < 0.05$), 提示随着 TUDCA 水平升高, 中性粒细胞 AMPK 磷酸化水平显著降低; 丁酸水平与 IL-6 水平呈强负相关($r = -0.792, P < 0.05$), 表明丁酸水平升高时, IL-6 水平呈显著下降趋势; 拟杆菌属丰度与 PCT 水平呈强负相关($r = -0.796, P < 0.05$), 提示拟杆菌属丰度增加时, PCT 水平显著降低。

讨论

本研究结果显示, 观察组术后感染发生率为6.36%, 显著低于对照组, 表明基于菌群调控的精细化护理能有效降低颅内动脉支架术后感染发生率。这一结果与近年来关于肠道菌群调控在感染预防中的研究结论相一致^[6-7]。铜绿假单胞菌为医院获得性感染的常见病原菌, 其耐药性比较强, 感染后治疗效果较差^[8]。菌群调控基础上的精细化护理, 通过补充益生菌、调节饮食等方法, 使得肠道中益生菌的数量增加、

活性更强, 形成一道生物屏障, 减少致病菌的移位及感染机会, 进而降低术后感染风险。

肠道菌群的多样性及稳定性对维持肠道健康及全身性免疫平衡至关重要。本研究中两组患者术前肠道 Shannon 指数差异无显著性, 术后7 d 观察组肠道 Shannon 指数明显高于对照组, 提示基于菌群调节的精细化护理有助于改善手术患者的术后肠道微生态丰富性。Shannon 指数越大, 代表肠道菌群丰富度越高, 生态系统越稳定, 对抗外界变化的能力越强, 越不易引起菌群紊乱发生^[9]。拟杆菌属是肠道重要有益菌, 可促进营养吸收并维护肠道黏膜屏障功能^[10]。本研究中, 观察组术后拟杆菌属丰度明显高于对照组, 厚壁菌门/拟杆菌门比值低于对照组。厚壁菌门/拟杆菌门比值增大是肠道微生态紊乱的常见表现, 与多种疾病的发生发展相关, 该比值降低提示观察组肠道菌群结构更接近合理组成, 可能是由于个性化饮食干预中增加了含低聚糖的食品, 为拟杆菌属等有益菌提供营养物质底物, 此外益生菌制剂的补充也直接增加了有益菌的含量^[11]。代谢物分析显示, 观察组血清丁酸水平显著高于对照组, TUDCA 水平明显低于对照组。丁酸是肠道微生物的代谢产物, 具有保护肠道黏膜屏障及抑制炎症反应等功能, 可通过 G-蛋白偶联受体、组蛋白去乙酰化酶等通路调节免疫细胞的活性, 减少炎症因子的产生^[12]。

炎症反应过度激活及免疫功能低下是颅内动脉支架后出现术后感染的主要诱发原因。本研究中, 观察组术后第7 d 血清 IL-6、TNF-α 及 PCT 水平均显著低于对照组, 表明基于菌群调控的精细化护理可有效抑制机体过度炎症反应。IL-6、TNF-α 是重要的促炎性细胞因子, 其在感染和创伤后大量释放可以诱发全身炎症反应综合征, 而 PCT 作为细菌感染的特异性标志物, 其水平上升提示患者感染存在及严重程度。观察组炎症因子的降低, 可能与肠道菌群改变以及代谢产物的变化有关。中性粒细胞是机体抵御入侵微生物的第一道防线, 其功能状态直接影响免疫防御机能^[13]。AMPK 磷酸化参与中性粒细胞的能量代谢及其功能, 其磷酸化水平上升有助于激活中性粒细胞的吞噬及杀菌能力^[14]。本研究中, 观察组中性粒细胞 AMPK 磷酸化水平显著高于对照组($P < 0.05$), 提示该护理方案可改善中性粒细胞功能, 增强机体免疫防御能力。

本次研究相关性分析显示, TUDCA 水平与中性粒细胞 AMPK 磷酸化呈强负相关, 说明 TUDCA 可对 AMPK 磷酸化产生抑制作用进而影响中性粒细胞的功能, 而基于菌群调控精细化护理下调了 TUDCA, 促进了中性粒细胞功能的改善。丁酸水平与 IL-6 水平呈强负相关, 说明肠道菌群代谢产物丁酸可通过肠-

肺轴抑制炎症反应。丁酸可通过循环到达肺部,调节肺组织免疫细胞的炎症反应,减少 IL-6 等炎性因子的释放,降低术后感染发生^[15]。拟杆菌属丰度与 PCT 水平呈强负相关,说明拟杆菌属可通过肠-肺轴影响肺部感染相关指标。拟杆菌属可通过抗菌物质的产生、与营养的竞争等方式抑制致病菌在肠道的定植,减少致病菌移位至肺部,同时代谢产物可调节全身免疫应答降低术后感染的发生,使 PCT 水平降低^[16]。

综上所述,基于菌群调控的精细化护理通过改善肠道菌群结构,增加拟杆菌属丰度和丁酸浓度,降低厚壁菌门/拟杆菌门比值和 TUDCA 水平,经肠-肺轴抑制炎症反应、增强免疫功能,从而有效降低颅内动脉支架术后感染发生率。

【参考文献】

- [1] 吴建明,马斌武,吴艳蓉,等. 颈动脉支架置入术后脑灌注综合征的危险因素分析及预防措施[J]. 临床放射学杂志, 2023, 42(5):831-836.
- [2] Abruzzo TA, Tong FC, Waldrop ASM, et al. Basilar artery stent angioplasty for symptomatic intracranial athero-occlusive disease: Complications and late midterm clinical outcomes [J]. Am J Neuroradiol 2021, 28(5):808-815.
- [3] Nahab F, Lynn MJ, Kasner SE, et al. Risk factors associated with major cerebrovascular complications after intracranial stenting [J]. Am J Neuroradiol, 2022, 30(4):840-844.
- [4] 牛明慧,后叶虎,杨开燕. 基于肠-肺轴理论探讨肠道菌群与慢性阻塞性肺疾病关系研究进展[J]. 中国微生态学杂志, 2025, 37(1):112-115.
- [5] Yuksel N, Gelmez B, Yildiz-Pekoz A. Lung microbiota: Its relationship to respiratory system diseases and approaches for lung-targeted probiotic bacteria delivery[J]. Mol Pharm, 2023, 20(7):3320-3337.
- [6] Liu CL, Makrinioti H, Saglani S, et al. Microbial Dysbiosis and childhood asthma development: Integrated role of the airway and gut microbiome, environmental exposures, and host metabolic and immune response[J]. Front Immunol, 2022, 13(12):1028-1032.
- [7] Marrella V, Nicchiotti F, Cassani B. Microbiota and immunity during respiratory infections: lung and gut affair[J]. Int J Mol Sci, 2024, 25(7):751-759.
- [8] 陈惠刚,李桂艳,马微. 老年下呼吸道感染铜绿假单胞菌的病原学特征分析[J]. 中国病原生物学杂志, 2024, 19(1):74-78.
- [9] Kusakabe T, Tsuchiya T, Kato T, et al. Time-dependent changes in the intestinal microbiota composition during allogeneic hematopoietic cell transplantation[J]. Brit J Haematol, 2019, 188(3):351-353.
- [10] Verma A, Bhagchandani T, Rai A, et al. Short-chain fatty acid (SCFA) as a connecting link between microbiota and gut-lung axis-A potential therapeutic intervention to improve lung health [J]. ACS Omega, 2024, 9(13):4648-4671.
- [11] Li Y, Liu X, Chen C, et al. *Bacteroides fragilis* regulates intestinal epithelial cell proliferation via the Wnt/ β -catenin pathway[J]. Gut Microb, 2021, 13(1):194-202.
- [12] 武莹,梁云泰,武岳,等. 妊娠期高血压患者肠道菌群特征及对妊娠结局影响分析[J]. 中国病原生物学杂志, 2023, 18(6):667-671.
- [13] Zhang D, Chen G, Manwani D, et al. Neutrophil ageing is regulated by the microbiome[J]. Nature, 2023, 12(5):528-532.
- [14] Park DW, Jiang SN, Tadie JM, et al. Activation of AMPK enhances neutrophil chemotaxis and bacterial killing[J]. Mol Med, 2023, 19(3):387-398.
- [15] Giam YH, Shoemark A, Chalmers JD. Neutrophil dysfunction in bronchiectasis: an emerging role for immunometabolism [J]. Eurn Resp J, 2021, 58(2):200-203.
- [16] Song Y, Zhang Y, Zhang P, et al. Effects of fluorine on neutrophil extracellular trap formation through regulating AMPK/p38 signaling pathway [J]. Oxid Med Cell Longev, 2021, 21(6):655-659.
- [21] Humaidan AHA, Alajlouni YY, Alajlouni YA, et al. Antimicrobial resistance of uropathogens in diabetic patients [J]. BMC Infect Dis, 2025, 25(1):945.
- [22] Gao Y, Chen X, Zou Z, et al. Tissue-adhesive and antibacterial hydrogel promotes MDR bacteria-infected diabetic wound healing via disrupting bacterial biofilm, scavenging ROS and promoting angiogenesis [J]. Adv Healthc Mater, 2025, 14(10):e2404889.
- [23] Saleem M, Moursi AS, Altamimi ANT, et al. Prevalence and molecular characterization of carbapenemase-producing multidrug-resistant bacteria in diabetic foot ulcer infections [J]. Diagnostics, 2025, 15(2):141.
- [24] 李圆圆,田慧,和振坤. 肝硬化患者中多重耐药革兰阴性菌感染的病原菌分布特征及危险因素分析[J]. 中国病原生物学杂志, 2025, 20(3):347-351, 356.
- [25] Mousa N, Aiesh MB, Jomaa R, et al. Antibiotic resistance profiles and risk factors of multidrug-resistant *Escherichia coli* in a large tertiary care hospital in a low- and middle-income country[J]. Sci Rep, 2025, 15(1):26667.

【收稿日期】 2025-08-19 【修回日期】 2025-11-11

【收稿日期】 2025-09-12 【修回日期】 2025-11-21

(上接 240 页)