

使用抗生素在尿培养阴性、尿高倍镜下白细胞阳性肾结石患者PCNL术后感染的作用

张福鑫^{1*}, 梁培育^{1#}, 冼伊繁²

¹海南医学院第一附属医院泌尿外科, 海南 海口

²海南医学院第一附属医院麻醉科, 海南 海口

收稿日期: 2023年9月23日; 录用日期: 2023年10月14日; 发布日期: 2023年10月30日

摘要

目的: 探讨使用抗生素在尿培养阴性、尿高倍镜下白细胞阳性肾结石患者PCNL术后感染的作用。方法: 2021年5月至2022年10月期间在海南医学院第一附属医院泌尿外科拟行一期PCNL治疗且尿培养阴性、尿高倍镜下白细胞 ≥ 10 个/视野的肾结石患者共100例参与该项前瞻性随机对照试验, 按随机抽签的方法1:1随机入组, 两组依据术前不同抗生素使用方案分为多剂量组和单剂量组。多剂量组: 术前3天治疗性使用头孢美唑钠1.0 g, 一天两次, 静脉点滴; 单剂量组: 术前3天不予抗生素治疗; 两组均在术前30分钟预防性使用头孢美唑钠1.0 g, 一次, 静脉点滴。前瞻性统计分析两组患者病例资料, 评价使用抗生素对尿培养阴性、尿高倍镜下白细胞阳性患者PCNL术后感染的作用。结果: 将符合纳入标准的100例患者按随机抽签的方法1:1随机入组。其中30例患者被排除出组, 最终总计70例患者被纳入研究, 多剂量组38例, 单剂量组32例。两组间性别、年龄、BMI、既往手术史、结石类型、结石位置、结石直径、肾积水程度, 差异均无统计学意义($P > 0.05$); 两组间术前血白细胞、血红蛋白、中性粒比率、hs-CRP、PCT、血肌酐、血尿酸、镜下白细胞, 差异均无统计学意义($P > 0.05$); 两组间术后血红蛋白下降程度、血肌酐、肾盂尿培养、结石清除率、手术时间、术后住院时长, 差异均无统计学意义($P > 0.05$)。两组间术后血白细胞、中性粒比率、hs-CRP、PCT、发热率、平均体温、心率、SIRS发生情况, 差异均有统计学意义($P < 0.05$), 其中多剂量组无患者发生SIRS, 单剂量组4例(12.5%)发生SIRS, 4例患者经系统规范治疗后, 均已痊愈出院, 未进一步进展为尿源性脓毒血症。结论: 对于排除相关高危因素, 尿培养结果阴性、尿高倍镜下尿白细胞 ≥ 10 个/视野的肾结石患者, PCNL术前使用抗生素3天能够有效预防术后泌尿道感染及SIRS发生。

关键词

全身炎症反应综合征, 尿源性脓毒血症, 经皮肾镜取石术, 治疗性抗生素, 肾结石

*第一作者。

#通讯作者。

The Effect of Antibiotics on Postoperative Infection in PCNL Patients with Negative Urine Culture and Positive White Blood Cells under High Magnification Urine Microscopy

Fuxin Zhang^{1*}, Peiyu Liang^{1#}, Yifan Xian²

¹Department of Urology, The First Affiliated Hospital of Hainan Medical University, Haikou Hainan

²Department of Anesthesiology, The First Affiliated Hospital of Hainan Medical University, Haikou Hainan

Received: Sep. 23rd, 2023; accepted: Oct. 14th, 2023; published: Oct. 30th, 2023

Abstract

Objective: Explore the effect of antibiotics on postoperative infection in PCNL patients with negative urine culture and positive white blood cells under high magnification urine microscopy. **Methods:** From May 2021 to October 2022, 100 patients with renal stones who were scheduled for primary PCNL treatment at the First Affiliated Hospital of Hainan Medical College, who had a negative urine culture but had ≥ 10 white blood cells/high power field in urine microscopy, participated in this prospective randomized controlled trial. Patients were randomized at a 1:1 ratio using a lottery method, divided into multi-dose and single-dose groups based on preoperative antibiotic regimens. The multi-dose group received cefmetazole sodium 1.0 g twice daily intravenously for three days preoperatively, while the single-dose group received no antibiotic treatment three days preoperatively. Both groups received a prophylactic dose of cefmetazole sodium 1.0 g intravenously 30 minutes before surgery. A prospective statistical analysis of the patient data from both groups was conducted to evaluate the impact of different antibiotic dosages on postoperative infections in patients with PCNL who had a negative urine culture but positive white blood cells in high-power field urine microscopy. **Results:** Out of 100 patients meeting the inclusion criteria, they were randomized at a 1:1 ratio using a random lottery method. Thirty patients were excluded, and a total of 70 patients were enrolled in the study, 38 in the multi-dose group and 32 in the single-dose group. No statistically significant differences were found between the two groups in terms of gender, age, BMI, previous surgical history, stone type, stone location, stone diameter, and degree of hydronephrosis ($P > 0.05$). Similarly, no significant differences were identified between the groups regarding preoperative white blood cells, hemoglobin, neutrophil ratio, hs-CRP, PCT, blood creatinine, uric acid, and microscopic white blood cells ($P > 0.05$). Postoperative parameters such as hemoglobin decline, blood creatinine, renal pelvis urine culture, stone clearance rate, surgical time, and postoperative hospital stay also showed no statistical significance between the groups ($P > 0.05$). However, differences in postoperative white blood cells, neutrophil ratio, hs-CRP, PCT, fever rate, average body temperature, heart rate, and incidence of SIRS were statistically significant between the groups ($P < 0.05$). Notably, no patients in the multi-dose group developed SIRS, while 4 cases (12.5%) in the single-dose group did. All four patients fully recovered after standardized treatment and were discharged without progressing to urosepsis. **Conclusion:** For patients with kidney stones who exclude relevant high-risk factors, have negative urine culture results, and have urine white blood cells ≥ 10 per field under high-power microscopy, using antibiotics for 3 days before PCNL surgery can effectively prevent postoperative urinary tract infections and SIRS.

Keywords

Systemic Inflammatory Response Syndrome, Urogenic Sepsis, Percutaneous Nephrolithotomy, Therapeutic Antibiotics, Renal Calculus

Copyright © 2023 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

我国作为世界三大泌尿系结石高发地区之一,泌尿系结石发病率为1%~5%,5~10年复发率可达50%,20年复发率更是高达75%,每100名患者中,约有25%的患者需要手术治疗[1][2]。泌尿系结石根据形成的部位不同,可分为上尿路结石(肾、输尿管)和下尿路结石(膀胱、尿道),而上尿路结石的发病率达86%,远高于下尿路结石[3]。上尿路结石中,肾结石通常直径较大,易造成集合系统梗阻,从而加重泌尿系统的感染。因此,对于上尿路结石的治疗方式一直是近年来研究的难点及重点。

PCNL自上世纪70年代被发明以来,因其具有结石清除率高、康复快以及再诊率低等特点,在世界范围内广泛应用于临床治疗复杂性肾结石[4][5][6]。2019版中国泌尿外科指南将PCNL推荐为治疗直径 ≥ 2.0 cm、鹿角形等复杂性肾结石的一线治疗方案[7]。PCNL作为一种有创手术,术后出血、感染、肾周围脏器损伤等并发症往往难以避免,而感染是其最主要的并发症[8]。发热是PCNL术后感染最主要的表现,发生率为21%~39.8%,若无及时的干预治疗则可能出现全身炎症反应综合征(Systemic Inflammatory Response Syndrome, SIRS),严重者可快速引发机体一系列异常反应,进展到尿源性脓毒血症、感染性休克,此时患者病情重、变化快、预后差,最终表现为多器官功能障碍综合征,致死率可高达28.3%~41.4%[9][10]。由此可见,如何有效预防PCNL术后感染,减少SIRS发生已成为泌尿外科医生迫在眉睫的问题。

在2020年上尿路结石围手术期感染的安全共识中,抗生素的使用仍被视为预防术后感染的重要策略[11]。美国泌尿外科协会[12]与欧洲泌尿外科协会[13]在共识中均建议PCNL术前留取患者的清洁中段尿培养,并根据培养药敏结果或当地细菌菌谱分布选择抗生素的种类及疗程,无感染患者则术前单剂量预防性用药即可,然而对尿培养阴性、高倍镜下尿白细胞阳性的低风险感染患者,具体的抗菌药物方案却并未提及。

因此本研究旨在通过一项单中心、开放的前瞻性随机对照实验探究尿培养阴性,尿高倍镜下白细胞 ≥ 10 个/视野的低风险患者在PCNL术前预防性用药的合理策略,减少围手术期无指征、过度使用抗生素的情况,降低PCNL术后感染的可能,为PCNL术前合理应用抗生素提供依据,现将研究结果报告如下。

2. 资料与方法

2.1. 临床资料

2.1.1. 研究对象和随机分组

选取2021年5月至2022年10月期间在海南医学院第一附属医院泌尿外科拟行一期PCNL治疗的100例肾结石患者,按随机抽签的方法1:1随机入组,两组依据术前不同抗生素使用方案分为多剂量组和单剂量组。两组共计30例患者因不符合研究要求排除,最后多剂量组患者38例,单剂量组32例符合要求纳入实验。所有患者自愿参加本实验,对本实验知情同意,并签署知情同意书,本研究已由海南医学

院第一附属医院伦理委员会批准。

2.1.2. 纳入标准

1) 拟行一期 PCNL 治疗的肾结石患者。2) 年龄处于 18~70 岁。3) 术前尿培养阴性, 尿高倍镜下白细胞 ≥ 10 个/视野。4) 术前无寒战、发热。5) ASA 评分 I 或 II 级。6) 血清肌酐 $< 133 \mu\text{mol/L}$ 。7) 手术适应症明确, 无禁忌症且可耐受手术者。8) 患者知情同意自愿参加研究, 并签署知情同意书。

2.1.3. 排除标准

1) 术前 1 月内曾静脉或口服抗生素治疗的患者。2) 凝血功能障碍且无法明显改善的患者。3) 肾脏结构解剖异常者(异位肾, 马蹄肾, 重复肾等)。4) 输尿管狭窄、尿流改道的患者。5) 术前置尿管支架管、肾造瘘管、尿管的患者。6) 头孢类、青霉素类抗生素过敏者。7) 术中发现尿液浑浊、脓苔附着结石表面的患者。8) 同期行其他碎石术或其他手术的患者。9) 免疫功能抑制的患者。10) 血糖调节异常、糖尿病患者。

2.1.4. 观察指标

主要观察指标: 术后血白细胞、中性粒比率、hs-CRP、PCT、发热情况等。次要观察指标: 术后 5 天内 SIRS 发生率、输尿管支架管位置及结石清除率、住院时长等。

2.1.5. 干预措施

患者按随机抽签的方法 1:1 随机入组, 两组依据术前不同抗生素使用方案分为多剂量组和单剂量组。多剂量组: 术前 3 天治疗性使用头孢美唑钠 1.0 g , 一天两次, 静脉点滴。单剂量组: 术前 3 天不予抗生素治疗。两组均在术前 30 分钟预防性使用头孢美唑钠 1.0 g , 一次, 静脉点滴。收集围手术期资料, 分析评价使用抗生素在尿培养阴性、尿高倍镜下白细胞阳性肾结石患者 PCNL 术后感染的作用。

2.2. 方法

2.2.1. 手术方法

经术者、手术护士、麻醉医生三方核对无误后, 予以气管插管全身麻醉, 患者取仰卧截石位, 常规术区消毒, 铺无菌巾。经尿道逆行置入膀胱镜, 注入冲洗液使膀胱膨隆, 探查膀胱内壁, 明确患侧输尿管口位置, 在直视下将 F5 输尿管导管送入输尿管内直至头端抵达肾盂, 退镜, 置入 F16 导尿管, 将输尿管导管固定。取俯卧位, 头低足低位, 患侧腰腹部垫高, 再次术区消毒铺巾。利用彩超明确结石位置并确定合适的穿刺点(常位于 11~12 肋水平腋后线与肩胛线之间), 在彩超引导下穿刺, 穿刺针成功进入目标盏后, 拔出针芯后有尿液溢出, 常规留取穿刺液样本送培养, 经穿刺针鞘置入安全导丝, 在导丝引导下用筋膜扩张器从 F12、F16、F22 逐渐扩张。沿导丝置入负压清石鞘, 负压清石鞘经负压收集瓶连接至负压系统, 在等渗冲洗液灌注下将肾镜沿安全导丝置入患肾集合系统, 观察患肾出血、结石情况, 手术期间保证肾盂灌注压力 $< 20 \text{ mmHg}$ 。根据结石情况选择 EMS 超声碎石杆或弹道杆, 在直视下将目标结石打碎并使用负压吸引装置将碎石吸出。将肾镜置入患肾上、中、下盏, 观察无明显结石碎片残留及明显出血。将导丝插入患侧输尿管内直到膀胱内, 沿导丝向输尿管置入 F5 输尿管支架管, 同时自尿道拔除输尿管导管, 调整支架管长度, 使之在肾盂卷曲一圈, 退镜并置入 F18 肾造瘘管, 退出肾镜镜鞘, 缝合固定肾造瘘管, 手术结束。

术后 1 天复查: 血常规、肝肾功能、血电解质、PCT、hs-CRP 等指标。术后 2 天复查: 尿路平片、泌尿系 CT 平扫, 了解支架管位置及结石清除结果, 同时观察尿液颜色、引流管引流情况。

2.2.2. 统计学方法

全部数据使用 SPSS26.0 统计分析软件进行统计分析, 两组间计量资料服从正态分布时采用 t 检验,

结果以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示; 计量资料不服从正态分布时采用秩和检验, 结果以中位数 M(p25, p75)表示; 计数资料采用 χ^2 检验, 结果以 n (%)表示。检验标准 $\alpha = 0.05$, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 两组间一般情况及相关资料的比较

患者按 1:1 随机分组参与实验后, 多剂量组和单剂量组分别纳入 38 例、32 例。将两组间一般情况及相关资料进行比较, 可见两组在年龄、性别、身体质量指数(BMI)、既往手术史情况、结石类型、结石位置、结石直径、肾积水程度等方面差异均无明显统计学意义($P > 0.05$)。详见表 1。

Table 1. Comparison of general and relevant information between the two groups
表 1. 两组间一般情况及相关资料的比较

项目	分类	多剂量组(n = 38)	单剂量组(n = 32)	χ^2 值/ <i>t</i> 值	P 值
年龄(岁)		53.73 ± 11.97	57.28 ± 13.06	-1.184	0.241
性别(男/女)		27/11	23/9	0.006	0.940
身体质量指数(BMI, kg/m ²)		24.06 ± 4.22	23.66 ± 3.85	0.409	0.684
既往手术史(n, %)	ESWL	5 (50.0)	3 (33.3)	3.075	0.380
	PCNL	2 (20.0)	5 (55.6)		
	URS	2 (20.0)	1 (11.1)		
	开放手术史	1 (10.0)	0 (0.0)		
结石类型(n, %)	单发	1 (2.6)	1 (3.1)	0.015	0.902
	多发	37 (97.4)	31 (96.9)		
结石位置(n, %)	肾盂	21 (55.3)	16 (50.0)	1.550	0.818
	上盏	1 (2.6)	0 (0.0)		
	中盏	2 (5.3)	1 (3.1)		
	下盏	3 (7.9)	3 (9.4)		
	多部位	11 (28.9)	12 (37.5)		
结石直径(mm)		27.05 ± 7.97	24.23 ± 10.66	1.266	0.210
肾积水分级(n, %)	无	7 (18.4)	6 (18.8)	0.154	0.985
	轻度	19 (50.0)	16 (50.0)		
	中度	5 (13.2)	5 (15.6)		
	重度	7 (18.4)	5 (15.6)		

3.2. 两组间术前实验室检查结果的比较

临床上常将血白细胞、中性粒细胞比率、hs-CRP、PCT 等指标作为判断感染发生的依据, 对比两组上述感染指标, 差异均无统计学意义($P > 0.05$), 术后感染相关指标存在可比性。而两组间血红蛋白、血肌酐、血尿酸、高倍镜下尿白细胞数差异均无统计学意义($P > 0.05$)。证明两组患者术前肾功能、尿路感染情况基本相同。详见表 2。

Table 2. Comparison of preoperative findings between the two groups
表 2. 两组间术前检查结果的比较

项目	多剂量组(n = 38)	单剂量组(n = 32)	Z 值/t 值	P 值
血白细胞($10^9/L$)	6.78 (5.57, 8.51)	6.00 (5.41, 6.93)	-1.651	0.099
血红蛋白(g/L)	141.0 (131.50, 152.00)	139.5 (123.25, 148.00)	-0.714	0.475
中性粒比率(%)	56.65 (51.17, 62.32)	57.95 (50.47, 61.90)	-0.041	0.967
超敏 C 反应蛋白(mg/L)	0.50 (0.50, 2.10)	0.50 (0.50, 0.50)	-0.965	0.334
降钙素原(ng/mL)	0.02 (0.02, 0.02)	0.02 (0.02, 0.02)	-0.025	0.980
血肌酐(umol/L)	72.05 (56.55, 95.97)	74.00 (61.35, 86.50)	-0.047	0.962
尿酸(umol/L)	379.08 ± 100.44	356.25 ± 98.44	0.956	0.342
尿高倍镜下白细胞(个/视野)	20.95 ± 16.27	19.69 ± 29.33	0.227	0.821

3.3. 两组间术后检查结果的比较

对比两组患者术后相关感染指标变化,可见多剂量组的术后血白细胞、中性粒比率水平都远低于单剂量组,差异具有统计学意义($P < 0.05$);而单剂量组术后的 hs-CRP 及 PCT 升高幅度均高于多剂量组水平,差异均具有统计学意义($P < 0.05$)。对比两组血红蛋白下降程度、血肌酐,可知两组术中出血情况及术后肾功能变化没有显著的区别,差异无明显统计学意义($P > 0.05$)。详见表 3。

Table 3. Comparison of postoperative findings between the two groups
表 3. 两组间术后检查结果的比较

项目	多剂量组(n = 38)	单剂量组(n = 32)	Z 值/t 值	P 值
血白细胞($10^9/L$)	9.27 (7.90, 10.27)	10.75 (8.68, 14.12)	-2.293	0.022
血红蛋白下降程度(g/L)	13.97 ± 12.51	14.18 ± 12.90	-0.070	0.944
中性粒比率(%)	76.10 (65.67, 82.17)	84.50 (76.02, 91.02)	-2.983	0.003
超敏 C 反应蛋白(mg/L)	3.80 (0.30, 15.24)	18.72 (2.05, 27.58)	-1.97	0.049
降钙素原(ng/mL)	0.02 (0.02, 0.11)	2.02 (0.02, 3.09)	-2.637	0.008
血肌酐(umol/L)	79.10 (68.47, 115.55)	79.00 (63.22, 96.87)	-0.460	0.646

Table 4. Comparison of postoperative fever and related data between two groups
表 4. 两组间术后发热情况及相关资料的比较

项目	多剂量组(n = 38)	单剂量组(n = 32)	χ^2 值/t 值	P 值
发热率(n, %)	2 (5.3)	7 (21.9)	4.279	0.039
体温($^{\circ}C$)	37.21 ± 0.68	37.53 ± 0.63	-2.076	0.042
心率(次/分)	89.53 ± 11.36	96.16 ± 11.80	-2.389	0.020
SIRS (n, %)	0 (0)	4 (12.5)	5.038	0.025
肾盂尿培养阳性(n, %)	1 (2.6)	1 (3.1)	0.015	0.902
结石清除率(n, %)	29 (76.3)	25 (78.1)	0.032	0.857
手术时间(min)	115.0 (90.0, 146.2)	116.5 (86.2, 173.7)	-0.318	0.750
术后住院时长(天)	4.18 ± 6.45	7.37 ± 7.11	-1.967	0.053

3.4. 两组间术后发热情况及相关资料的比较

将两组患者术后发热情况及相关资料进行对比,其中肾盂尿培养阳性、结石清除率、手术时间、术后住院时长方面,差异均无统计学意义($P > 0.05$),而在发热率、平均最高体温、平均最高心率、SIRS 发生率差异均具有统计学意义($P < 0.05$)。4 例 SIRS 患者经系统规范治疗后,均已痊愈出院,未进一步进展为尿源性脓毒血症。详见表 4。

5. 讨论

自 1976 年 Fernstorm 和 Johnson 完成第一例 PCNL 以来,因其创伤小、结石清除率高、康复快等优点,广泛应用于直径 ≥ 2.0 cm 肾结石患者的手术治疗,结石清除率最高可达 90% [14]。作为一种有创手术,PCNL 术后感染引起的全身炎症反应综合征(SIRS)的发生率可达 10%~35%,而尿源性脓毒血症的发生率约为 0.97%~4.9%,死亡率高达 40% [15] [16]。据报道,当尿白细胞结果为阳性时,尿培养阳性率仅有 40%,这意味着仅凭培养结果对尿路感染的判断仍有误差的可能,因此制定合适的抗生素方案对预防术后脓毒血症发生则尤为重要。为此,本研究就该类患者围手术期抗生素方案对术后感染的作用进行探究。

本研究结果显示,两组间在一般情况、肾积水程度、血肌酐、血尿酸及镜下尿白细胞数量等方面无显著差异($P > 0.05$),表明两组基础条件接近一致,围手术期变化具有可比性。在本研究中,两组分别给予不同的抗生素方案,多剂量组的 38 例患者在术前 3 天开始静脉滴注抗生素直至术前,而单剂量组的 32 例患者则在术前仅单剂量预防性使用。

在临床上,血白细胞计数和中性粒细胞比率异常升高是机体感染最直接的体现,两者的变化往往反映了感染的严重程度。超敏 C 反应蛋白(Hypersensitive C-Reactive Protein, hs-CRP)与降钙素原(Procalcitonin, PCT)是在机体发生感染或炎症时,可以在血液中检测到的一类急性期标志物。因此在本次研究中,观察两组术前数据可以发现血白细胞、中性粒比率、hs-CRP 及 PCT 等炎性指标并无明显差异($P > 0.05$),表明两组患者术前炎症感染状态基本相同。对比两组术后血白细胞计数及中性粒比率变化程度,可以发现多剂量组血白细胞计数及中性粒比率升高水平明显低于单剂量组($P < 0.05$),而在 hs-CRP 和 PCT 变化方面,多剂量组两项炎性指标的升高程度同样低于单剂量组($P < 0.05$)。通过对比炎症指标的变化结果,不难发现多剂量治疗性使用抗生素能够将炎症反应控制在更低的水平,侧面证明了多剂量方案在预防术后感染更具优势。

SIRS 主要以发热(体温 $> 38^{\circ}\text{C}$)、白细胞异常变化、心率异常增快和呼吸急促为特征,与机体感染进展密切相关,是尿源性脓毒血症发生的早期表现[17]。在本次研究中,两组患者术后平均心率($P < 0.05$)与体温($P < 0.05$)变化均存在明显差异,心率随体温升高而增加,可见心率的快慢变化与体温高低具有相关性。进一步对比两组术后发热和 SIRS 发生情况,可以看到单剂量组发热情况较多剂量组更为严重($P < 0.05$),而两组在 SIRS 发生情况上分别为 0 例(0%)和 4 例(12.5%),具有显著差异($P < 0.05$),可见术前短期使用抗生素能够有效降低术后发热率,从而减少 SIRS 发生的可能,这与 Bag [18]等人的研究结果基本一致。

本研究结果显示,两组均存在 1 例肾盂尿培养阳性($P > 0.05$),这说明即便术前排除中段尿培养阳性的影响,肾盂尿仍有细菌感染的可能[19]。对比两组术后住院平均时长差异不具有统计学意义($P > 0.05$),但单从平均值数据的角度比较,单剂量组较多剂量组似乎需要花费更多的时间,猜测原因在于单剂量组患者术后炎症指标较高,恢复至正常水平的耗时较长,进而增加了术后住院天数。

综上所述,对于排除相关高危因素,尿培养结果阴性、尿高倍镜下白细胞 ≥ 10 个/视野的肾结石患者,PCNL 术前治疗性使用抗生素 3 天能够有效预防术后泌尿道感染及 SIRS 发生。围手术期合理使用抗菌药物,既能避免多重耐药菌的产生,也能节约医疗资源,减少费用以及住院时间,使患者获益。本研究为单中心、开放的前瞻性临床对照试验,样本量相对较少,结果可能存在一定的误差,仍需要更大样本量、多中心的随机对照试验进行验证,力求得到更具说服力的研究成果。

参考文献

- [1] Qian, X., Wan, J., Xu, J., *et al.* (2022) Epidemiological Trends of Urolithiasis at the Global, Regional, and National Levels: A Population-Based Study. *International Journal of Clinical Practice*, **2022**, Article ID: 6807203. <https://doi.org/10.1155/2022/6807203>
- [2] Huang, H., Li, M., Fan, H. and Bai, R. (2021) Temporal Trend of Urolithiasis Incidence in China: An Age-Period-Cohort Analysis. *International Journal of General Medicine*, **14**, 2533-2539. <https://doi.org/10.2147/IJGM.S313395>
- [3] Xu, X.J., Zhang, J., Li, M. and Hou, J.Q. (2022) Clinical Study on the Minimally Invasive Percutaneous Nephrolithotomy Treatment of Upper Urinary Calculi. *World Journal of Clinical Cases*, **10**, 1198-1205. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v10.i4.1198>
- [4] Brain, E., Geraghty, R.M., Lovegrove, C.E., *et al.* (2021) Natural History of Post-Treatment Kidney Stone Fragments: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Urology*, **206**, 526-538. <https://doi.org/10.1097/JU.0000000000001836>
- [5] Wang, Q., Wang, Y., Yang, C., *et al.* (2023) Trends of Urolithiasis in China: A National Study Based on Hospitalized Patients from 2013 to 2018. *Kidney Disease*, **9**, 49-57. <https://doi.org/10.1159/000527967>
- [6] Rivera, M., Viers, B., Cockerill, P., *et al.* (2016) Pre- and Postoperative Predictors of Infection-Related Complications in Patients Undergoing Percutaneous Nephrolithotomy. *Journal of Endourology*, **30**, 982-986. <https://doi.org/10.1089/end.2016.0191>
- [7] 郭应禄, 那彦群, 叶章群, 等. 中国泌尿外科和男科疾病诊断治疗指南: 2019 版[J]. 杂志名称, 2020, 245(10): 237-259.
- [8] 蒋政, 雷敏, 徐鹏, 等. 经皮肾镜取石术后全身炎症反应综合征的临床特征与危险因素分析[J]. 临床泌尿外科杂志, 2023, 38(1): 57-62.
- [9] Liu, M., Chen, J., Gao, M., *et al.* (2021) Preoperative Midstream Urine Cultures vs Renal Pelvic Urine Culture or Stone Culture in Predicting Systemic Inflammatory Response Syndrome and Urosepsis After Percutaneous Nephrolithotomy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Endourology*, **35**, 1467-1478. <https://doi.org/10.1089/end.2020.1140>
- [10] Wagenlehner, F., Tandogdu, Z., Bartoletti, R., *et al.* (2016) The Global Prevalence of Infections in Urology Study: A Long-Term, Worldwide Surveillance Study on Urological Infections. *Pathogens*, **5**, Article No. 10. <https://doi.org/10.3390/pathogens5010010>
- [11] 付猛, 胡卫国, 李建兴. 输尿管镜碎石取石术安全共识[J]. 现代泌尿外科杂志, 2020, 25(5): 385-391.
- [12] Assimos, D., Krambeck, A., Miller, N.L., *et al.* (2016) Surgical Management of Stones: American Urological Association/Endourological Society Guideline, PART I. *Journal of Urology*, **196**, 1153-1160. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2016.05.090>
- [13] Naber, K.G., Bergman, B., Bishop, M.C., *et al.* (2001) EAU Guidelines for the Management of Urinary and Male Genital Tract Infections: Urinary Tract Infection (UTI) Working Group of the Health Care Office (HCO) of the European Association of Urology (EAU). *European Urology*, **40**, 576-588. <https://doi.org/10.1159/000049840>
- [14] Antoniou, V., Pietropaolo, A. and Somani, B.K. (2022) Lithotripsy Devices for Percutaneous Nephrolithotomy (PNL)—New Developments. *Current Opinion in Urology*, **32**, 405-410. <https://doi.org/10.1097/MOU.0000000000000996>
- [15] Chen, D., Jiang, C., Liang, X., *et al.* (2019) Early and Rapid Prediction of Postoperative Infections Following Percutaneous Nephrolithotomy in Patients with Complex Kidney Stones. *BJU International*, **123**, 1041-1047. <https://doi.org/10.1111/bju.14484>
- [16] Degirmenci, T., Bozkurt, I.H., Celik, S., *et al.* (2019) Does Leaving Residual Fragments after Percutaneous Nephrolithotomy in Patients with Positive Stone Culture and/or Renal Pelvic Urine Culture Increase the Risk of Infectious Complications? *Urolithiasis*, **47**, 371-375. <https://doi.org/10.1007/s00240-018-1063-9>
- [17] Fahmy, A., Saad, K., Sameh, W., *et al.* (2022) Planned Percutaneous Nephrolithotomy in Patients Who Initially Presented with Urosepsis: Analysis of Outcomes and Complications. *Arab Journal of Urology*, **20**, 36-40. <https://doi.org/10.1080/2090598X.2021.2002635>
- [18] Bag, S., Kumar, S., Taneja, N., *et al.* (2011) One Week of Nitrofurantoin before Percutaneous Nephrolithotomy Significantly Reduces Upper Tract Infection and Urosepsis: A Prospective Controlled Study. *Urology*, **77**, 45-49. <https://doi.org/10.1016/j.jurology.2010.03.025>
- [19] Korets, R., Graverson, J.A., Kates, M., *et al.* (2011) Post-Percutaneous Nephrolithotomy Systemic Inflammatory Response: A Prospective Analysis of Preoperative Urine, Renal Pelvic Urine and Stone Cultures. *Journal of Urology*, **186**, 1899-1903. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2011.06.064>