

新型探针和 N-Trap 阻石篮治疗上段输尿管结石的对比研究*

蒋其龙,胡自力[△],刘川,葛成国,牟健

(重庆医科大学附属第二医院泌尿外科 400010)

[摘要] **目的** 比较新型气压弹道碎石探针和 N-Trap 阻石篮在输尿管镜下气压弹道碎石治疗上段输尿管结石的疗效与安全性,探讨新型气压弹道碎石探针的临床应用价值。**方法** 选取上段输尿管结石 121 例,分为两组:观察组 59 例,使用新型气压弹道碎石探针行输尿管镜气压弹道碎石;对照组 62 例,使用 N-Trap 阻石篮联合普通气压弹道碎石探针行输尿管镜下气压弹道碎石。**结果** 观察组一期清石率 91.53%,对照组一期清石率 95.16%,两组差异无统计学意义($\chi^2=0.647, P=0.484$);术后 4 周复查尿路平片(KUB),1 个月结石排尽率观察组为 96.61%,对照组为 98.38%,两组差异无统计学意义($\chi^2=0.395, P=0.530$);手术时间($t=1.627, P=0.106$)、手术并发症发生率($\chi^2=0.180, P=0.672$)、住院时间($t=0.124, P=0.902$)差异也无统计学意义。住院费用观察组平均(11 841±2 642)元,对照组平均(17 384±1 624)元,差异具有统计学意义($t=13.979, P=0.000$)。**结论** 新型气压弹道碎石探针治疗上段输尿管结石效果及安全性确切,操作方便,且新型探针可降低医疗成本,具有临床应用价值。

[关键词] 上段输尿管结石;输尿管镜;新型气压弹道碎石探针;阻石篮**[中图分类号]** R693+.4**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2016)28-3916-03

Comparative study on a new pneumatic probe and N-Trap intercept stone network in the treatment of upper ureteral calculi*

Jiang Qilong, Hu Zili[△], Liu Chuan, Ge Chengguo, Mou Jian

(Department of Urology, the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China)

[Abstract] **Objective** To compare clinical efficacy and safety of a new pneumatic probe and N-Trap intercept stone network in the treatment of upper ureteral calculi, investigating the clinical application value of the new pneumatic probe. **Methods** Totally 121 patients with upper ureteral calculi treated in this hospital were selected and randomly divided into two groups. Observation group: 59 cases were treated by ureteroscopy lithotripsy with new pneumatic probe. Control group: 62 cases were treated by ureteroscopy lithotripsy with N-trap intercept stone network. **Results** The immediate stone free rates was 91.53% in observation group and 95.16% in control group, the difference was not statistically significant ($\chi^2=0.647, P=0.484$), the stone free rate after 1 month was 96.61% in observation group and 98.38% in control group, the difference was not statistically significant ($\chi^2=0.395, P=0.530$). There was no statistically significant in operating time ($t=1.627, P=0.106$), perioperative morbidity ($\chi^2=0.180, P=0.672$), hospitalization ($t=0.124, P=0.902$), between two groups ($P>0.05$). The clinical cost in observation group was (11 841±2 642) yuan, in control group was (17 384±1 624) yuan, the difference was statistically significant ($t=13.979, P=0.000$). **Conclusion** The new pneumatic probe was safe and reliable, which can reduce the medical cost, more convenient in operation, deserving the clinical application.

[Key words] upper ureteral calculi; ureteroscopy; a new pneumatic probe; intercept stone network

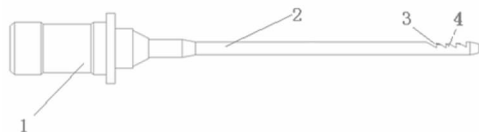
输尿管镜下碎石术(URL)具有手术时间短、术后恢复快、安全性高等优点,已广泛应用于输尿管结石的治疗^[1]。上段输尿管结石因距肾盂近、结石梗阻以上输尿管和肾盂扩张等因素,单纯行输尿管镜一期清石率仅为 73.3%,对于复杂的上段输尿管结石则更低^[2],术中联合阻石篮一期清石率可达 97.7%^[3],但显著增加患者治疗费用。本院于 2014 年 2 月至 2015 年 9 月采用自行设计制造的新型气压弹道碎石探针(专利号:ZL201420164597.9)治疗上段输尿管结石,并与 URL 联合 N-Trap 阻石篮对比,观察其疗效、安全性及费用,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 纳入标准:术前经超声、尿路平片(KUB)、静脉尿路造影(IVU)或计算机断层扫描(computed tomography, CT)诊断为上段输尿管结石,即结石位于肾盂输尿管交界处

L₄ 椎体骶髂关节上缘之间;为输尿管的单侧单发结石;患者知情并同意参加本研究。排除标准:不能控制的全身出血性疾病;严重的心肺功能不全,无法耐受手术;未控制的泌尿道感染;严重尿路狭窄,腔内手术无法解决;严重髋关节畸形,截石位困难^[4]。收集本科 2014 年 2 月至 2015 年 9 月上段输尿管结石 121 例,分为两组:观察组 59 例,其中,男 31 例,女 28 例;年龄 22~66 岁,平均(41.93±8.89)岁;左侧 30 例,右侧 29 例;结石最大直径 10~15 mm,平均(12.53±1.67)mm;术中使用新型气压弹道探针联合输尿管镜气压弹道碎石。对照组 62 例,其中,男 33 例,女 29 例;年龄 25~67 岁,平均(43.31±10.00)岁;左侧 36 例,右侧 26 例;结石最大径 10~15 mm,平均(13.05±1.51)mm;术中 N-Trap 阻石篮联合普通气压弹道碎石探针行输尿管镜下气压弹道取石。两组患者在年龄、性别、结石大小等指标上差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。

1.2 方法 手术操者为同一手术组医师。患者均采用腰硬联合麻醉或全身麻醉方法,术中取膀胱截石位。采用德国 Wolf 输尿管硬镜(F8/9.8)、瑞士 EMS 超声气压弹道碎石机,冲水直视下进镜至膀胱,取头高足低位,F4 输尿管导管引导下进镜至结石位置。观察组:术中使用自行设计制造的新型气压弹道碎石探针(图 1、2)碎石。若结石相对固定,可直接使用探针针头碎石。若结石被肉芽组织包裹严重,则使用异物钳或钬激光剔去肉芽,但应避免出血影响术野。当输尿管狭窄进镜困难时,可在直视下用输尿管镜体扩张或钬激光切开。结石与输尿管壁存在较大腔隙时可将探针穿过结石并用探针粗糙面轻压结石进行碎石。结石较大相对固定时,可沿结石边缘蚕食样碎石,将结石粉碎到直径小于 2 mm。术中用异物钳取出结石碎片。对照组:术中用美国库克公司 N-Trap 阻石篮和普通气压弹道碎石探针。进镜操作同观察组,找到结石后置入 N-Trap 阻石篮(图 3),通过结石后将阻石篮打开固定结石,并用普通探针碎石。若 N-Trap 阻石网篮无法通过,可沿结石边缘碎石,当阻石篮通过后固定结石并留置阻石篮及碎石。两组患者术后常规留置 D-J 管 2~8 周,术后第 1~2 天复查 KUB,结石碎片最大径小于或等于 3 mm 即为成功碎石,若结石碎片最大径大于 3 mm,辅以体外冲击波碎石治疗。术后 4 周复查 KUB,若结石碎片最大径大于或等于 3 mm,诊断为残余结石^[5]。



1: 探针基部;2: 探针头;3: 凹槽;4: 锯齿。

图 1 新型气压弹道碎石探针示意图

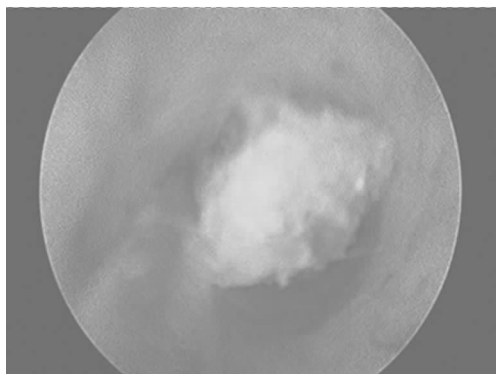


图 2 新型气压弹道碎石探针术中

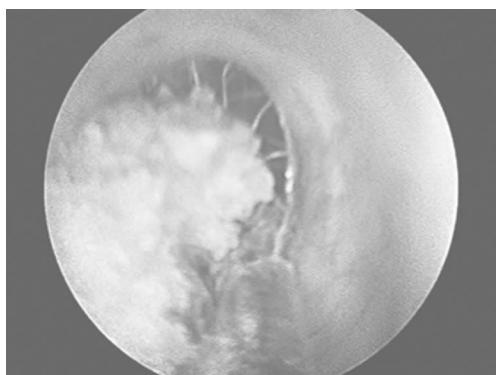


图 3 N-Trap 阻石篮术中固定结石

1.3 观察指标 一期清石率、手术时间、住院时间、住院费用、术后并发症发生率、术后 1 个月结石排尽率,一期清石率为术后第 1~2 天复查 KUB,结石碎片最大径小于或等于 3 mm 的例数与总手术例数百分比;1 个月结石排尽率为术后 4 周复查 KUB,结石碎片最大径小于 3 mm 者与总手术例数百分比。

1.4 统计学处理 采用 SPSS17.0 统计软件进行分析处理,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,比较采用 *t* 检验;计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

两组患者均成功留置 D-J 管,2 例因术后出院随访期间血尿严重、肾绞痛,提前取出 D-J 管后上诉症状好转。观察组碎石过程中 5 例结石逃逸至肾盂,术后辅以体外冲击波碎石成功碎石,一期清石率为 91.53%。对照组 1 例因置入阻石篮时将结石推回肾盂,2 例因阻石篮翻转结石逃逸至肾盂。其中,1 例拔出 D-J 管后结石自行排出,2 例行体外冲击波碎石治疗后排出,一期清石率为 95.16%,一期清石率观察组与对照组差异无统计学意义($\chi^2 = 0.647, P = 0.484$)。平均手术时间观察组为 (31.80 ± 4.88) min,对照组为 (33.27 ± 5.10) min,两组差异无统计学意义($t = 1.627, P = 0.106$)。平均住院天数观察组为 (3.59 ± 0.81) d,对照组为 (3.61 ± 0.93) d,两组差异无统计学意义($t = 0.124, P = 0.902$)。1 个月结石排尽率观察组为 96.61%、对照组为 98.38%,两组差异无统计学意义($\chi^2 = 0.395, P = 0.530$)。住院费用观察组显著低于对照组($t = 0.275, P = 0.000$),见表 1。

表 1 两组患者临床效果的比较

组别	手术时间 ($\bar{x} \pm s, \text{min}$)	住院时间 ($\bar{x} \pm s, \text{d}$)	住院费用 ($\bar{x} \pm s, \text{元}$)	一期清石 率(%)	1 个月结石 排尽率(%)
观察组	31.80±4.88	3.59±0.81	11 841±2 642	91.53	96.61
对照组	33.27±5.10	3.61±0.93	17 384±1 624	95.16	98.38
χ^2/t	1.627	0.124	13.979	0.647	0.395
<i>P</i>	0.106	0.902	0.000	0.484	0.530

术中观察组 1 例输尿管穿孔,术后高热 1 例(体温 39.0℃),严重血尿 3 例;对照组无输尿管穿孔病例,术后高热 2 例(体温分别为 38.6、39.1℃),严重血尿 2 例,输尿管穿孔者留置 D-J 管后好转,血尿未行特殊处置 3~5 d 后好转。术后并发症发生率均低,差异无统计学意义($P > 0.05$)。两组患者均无难以控制的严重并发症,见表 2。

表 2 两组患者安全性比较[n(%)]

组别	高热	严重血尿	输尿管穿孔	并发症
观察组	1(1.69)	3(5.08)	1(1.69)	5(8.47)
对照组	2(3.23)	2(3.23)	0(0)	4(6.45)
χ^2	0.293	0.264	1.060	0.180
<i>P</i>	0.588	0.608	0.488	0.672

3 讨论

上段输尿管结石由于位置较高,输尿管行程长,还常伴有输尿管的狭窄及扭曲等解剖异常,处理较为困难。虽然上段输尿管结石的最佳治疗方式存在争议,但随着设备的改进和技术的提高,特别是与新的辅助器械联合,输尿管硬镜治疗上段结石取得了良好的效果,例如术中联合 N-Trap 阻石篮治疗输尿管

管上段结石的一期清石率可高达 97.7%^[3]。普通气压弹道碎石探针表面光滑,对输尿管损伤小,在使用侧面压住结石碎石时容易滑脱,往往在追击上段结石时将其推回肾脏。单纯使用输尿管镜碎石,结石逃逸率可达 26.9%~31.8%^[6-7]。结石位置越高,移入肾脏概率越大,且与医师的操作经验有密切关系^[8]。本研究中两组均有一定失败率,对于上段输尿管结石,结石及结石碎片逃逸至肾盂常常是导致手术失败的主要原因,有学者报道,输尿管镜治疗输尿管上段结石失败的原因中逃逸约占 76%^[9]。新型的探针大小为 4 F,端部侧面开有凹槽,凹槽设置有朝探针基部倾斜的锯齿,探针在纵向振动过程中其锯齿状侧面对结石产生来回运动的切割力,从而将结石击碎,由于增加了与结石的摩擦,减少了碎石过程中结石的滚动和逃逸。

观察组与对照组手术时间差异无统计学意义,但新型碎石探针可单人操作而阻石篮需要助手协助及反复进出操作腔道,故新型探针使用方便。输尿管结石伴有肉芽形成时,除非阻挡视野及操作,一般情况下可最后处理,部分结石梗阻引起的慢性炎性肉芽组织,在结石取出后便逐渐萎缩^[10-11]。气压弹道碎石对所有成分的结石均有效,术中需取出或者处理结石碎片^[12],但对于较为细小的结石不必一味追逐击碎及处理,术后大多可自行排出,可减少进镜次数及缩短手术时间。

输尿管镜术常见并发症为输尿管损伤和感染。对于感染,术前抗菌药物的合理使用,术中控制冲洗水压,缩短操作时间,术后保持引流通畅可降低其发生率。观察组 3 例血尿中,2 例为术中发现结石被肉芽组织包裹,使用异物钳剔除肉芽组织后出现血尿,另 1 例为进镜过程中提前插入了新型气压弹道碎石探针造成黏膜划伤。对照组的 2 例血尿亦为剔除肉芽组织后出血。5 例血尿表现为明显肉眼血尿伴血块,术后监测血红蛋白无明显下降,故采取了保守治疗,1 周内血尿好转。Karim 等^[13]报道术中输尿管穿孔发生率约为 1.2%,本研究中观察组 1 例输尿管穿孔,在扭曲和狭窄的上段输尿管操作时,反复于同一方向用力进镜,术中有明显的落空感,退镜见输尿管黏膜缺损及淡黄色脂肪组织即确诊。发现穿孔后随即留置 D-J 管终止手术,患者生命体征平稳,保守治疗期间偶有淡红色血尿,40 d 后拔出 D-J 管复查静脉尿路造影无造影剂外渗。对于严重的损伤如输尿管断裂或全程撕脱多需开放性手术处理^[14],但非严重损伤或出血导致视野不清晰的情况下,不必采用电灼等方式止血,可留置 D-J 管后立即结束手术,术后采取保守治疗,损伤及血尿多会自行好转。

新型碎石探针与原有普通探针相比,并不增加额外成本,单独使用与联用阻石篮等相比可显著降低住院费用。新型气压弹道碎石探针优点:(1)侧面有锯齿,可物理切割结石,也可增加与结石表面的摩擦,在探针冲击结石时减少结石的逃逸;(2)操作方便,术中可单人操作,与术中联合阻石网篮相比简化了操作步骤;(3)可显著降低住院费用。缺点:(1)新型碎石探针在提高摩擦,减少逃逸的同时,也增加了输尿管损伤的风险;(2)尖端有凹槽,较普通气压弹道碎石探针易断裂。本研究使用改进的新型气压弹道碎石探针,但并未增加术中并发症的风险。设计凹槽后,笔者在保证能通过输尿管镜操作腔道的前提下加粗了针体,凹槽的深度小于针体直径的 1/2,使其有较好的强度,在体外实验和体内碎石时均无探针折断情况。新型气压弹道碎石探针生产时每个锯齿表面均二次加工、打磨光滑,虽然击石过程中偶有直接接触到输尿管黏膜,但并无明显损伤

和出血。笔者在使用新型气压弹道碎石探针的时候总结经验如下:(1)尽量在直视下碎石,避免盲目操作导致粗糙面对输尿管黏膜造成损伤;(2)结石较大,嵌顿时可用探针沿着结石边缘碎石,当结石与输尿管壁出现空隙后插过探针,使用粗糙面轻压结石进行碎石;(3)由于新型气压弹道碎石探针较粗,在进入操作孔道时有类似水泵的作用,需缓慢进入;(4)新型气压弹道碎石探针尖端的凹槽增加了断裂的风险,使用时避免强行压迫结石导致探针断裂,应由具有一定输尿管镜手术经验者操作。

输尿管镜联合新型气压弹道碎石探针或阻石网篮在疗效和安全性上相当,而新型气压弹道碎石探针结构简单、操作方便,降低医疗成本及住院费用,可减少结石逃逸、提高碎石成功率,手术并发症少,具有临床使用价值。新型气压弹道碎石探针和目前其他设备一样,都不能达到 100%防止结石移位的作用,故可与 N-Trap、According、及 Stone Cone 等阻石设备联用以提高一期清石率^[15],减少再次手术的风险及费用。限于本研究病例样本较小,其安全性及疗效值得进一步临床验证。

参考文献

- [1] 梅骅. 泌尿外科手术学[M]. 北京:人民卫生出版社, 2008:759-763.
- [2] 徐晓龙,张朝峰,杨光,等. 钬激光碎石与气压弹道碎石治疗输尿管上段结石疗效比较[J]. 中国内镜杂志, 2010, 16(9):912-914,917.
- [3] 陈刚,唐伟,尹志康,等. 拦石网在输尿管上段结石微创治疗中的临床研究[J]. 重庆医科大学学报, 2011, 36(3):364-366.
- [4] 孙颖浩. 中国泌尿外科疾病诊疗指南[M]. 北京:科学出版社, 2014:184-192.
- [5] Hatipoglu NK, Tepeler A, Buldu I, et al. Initial experience of micro-percutaneous nephrolithotomy in the treatment of renal calculi in 140 renal units[J]. Urolithiasis, 2014, 42(2):159-164.
- [6] 杨玉成,陈群,丁睿,等. 输尿管镜下钬激光配合勺状套石篮治疗上段输尿管结石[J]. 中国内镜杂志, 2010, 16(10):1075-1076.
- [7] Sen H, Bayrak O, Erturhan S, et al. Comparing of different methods for prevention stone migration during ureteroscopic lithotripsy[J]. Urol Int, 2014, 92(3):334-338.
- [8] Cengiz M, Kaya H, Orhan T, et al. Operative failure during ureteroscopic pneumatic lithotripsy: factors affecting successful outcome[J]. Urologia Internationalis, 2006, 77(2):148-151.
- [9] 陆佳萼,温机灵,温晓飞,等. 经输尿管镜治疗输尿管上段结石失败原因的分析及对策[J/CD]. 中华腔镜泌尿外科杂志(电子版), 2010, 4(2):116-118.
- [10] 屠民琦,施国伟,何家扬,等. 输尿管镜钬激光治疗输尿管结石伴息肉 28 例报告[J]. 临床泌尿外科杂志, 2009, 24(3):184-185.
- [11] 王志勇,刘英,姜凌雪,等. 输尿管镜下弹道-超声碎石清石系统治疗嵌顿性输尿管结石[J]. 临床泌尿外科杂志, 2011, 26(11):817-819.
- [12] Karakan T. Comparison of ultrasonic and pneumatic intracorporeal lithotripsy techniques during (下转第 3921 页)

率高^[12]。本研究发现,当对任一器官进行单因素分析时,每个器官功能异常死亡组均显著高于存活组($P < 0.01$)。但当进入模型进行多因素回归分析时,每一个单纯的器官功能均不起作用,起作用的只是能够综合评估多脏器功能的 PCIS。这也与临床实践高度吻合,每当 MS 患儿入院时,医师总会检查生化全套,包括心、肝、肾等所有项目,当化验单提示所有器官功能均有明显异常时,具有临床经验的医师往往多能判断该患儿确为 MS,且预后不佳;当化验单提示大多器官功能异常,但不明显,临床医师亦能佐证该患儿确有 MS,但危险不大;当化验单提示只有个别数据异常,可能要重新追问病史,该患儿可能不是 MS。多器官功能受损是 MS 病例最重要的特征之一。

脓毒症作为 MS 患儿病死的独立相关因素,确实出乎研究者意料。按常规,MS 一般情形下是健康小儿在捂热后突然出现临床危急征象的一种综合征,但临床上确有一些患儿同时有感染及捂热,例如某患儿前一天尚在医院因发热、血象异常输液,回去后有明确的被捂、高热、大汗淋漓及多器官功能损害,当即就诊,故脓毒症是并存症,且常常是致命的^[13]。该分析给笔者有很大启发,即当 MS 有合并症尤其是脓毒症时,容易加重已存在的病情,导致死亡。1979 年, Bacon 等^[5]报道了 5 例过度包裹的婴儿,死亡 4 例,均有轻度感染。与本研究结果吻合。

既往曾有研究报告^[14],小儿 MS 常常会有高钠血症,从理论上讲确实有此可能,如 MS 时,患儿出汗非常多,汗液中钠低,自然血钠会高,亦有研究指出中暑患者血钠增高,更加佐证了这一理论,国外文献报道持续热环境下,血钠是评估预后独立危险因素^[15]。本研究中,单因素分析时血钠水平病死组显著高于存活组。然而在临床中,确有许多患儿血钠正常,可以说大多患儿血钠正常,似乎难以解释这一现象,在多因素回归分析中,血钠水平不能作为死亡的独立相关因素。这一点还有待更多病例探讨。

本研究是目前所有研究中样本量最大 MS 病死相关因素分析研究,时间跨度达 7 年,相信其结果必能丰富对 MS 的认识,但研究依然存在一些缺陷。在临床中通常对预后亦有重要影响的捂闷时间长度及从发现捂闷到就诊时长,由于病历书写缺陷,无法进行统计,有待于前瞻性研究进行探讨。

参考文献

[1] 诸福棠,胡亚美,江载芳.实用儿科学[M].沈阳:东北人民政府卫生部教育处出版科,1950:385.

[2] 赵祥文.儿科急诊医学[M].2版.北京:人民卫生出版社,

2006:488-490.

[3] Goldstein B, Giroir B, Randolph A, et al: international pediatric sepsis consensus conference: definitions for sepsis and organ dysfunction in pediatrics[J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2005, 6(1): 2-8.

[4] 宋国维. 小儿危重病例评分[J]. *中华急诊医学杂志*, 2003, 12(5): 359-360.

[5] Bacon C, Scott D, Jones P. Heat-stroke in well-wrapped infant[J]. *Lancet*, 1997, 1(8113): 422-425.

[6] Stanton AN. Overheating and cot death[J]. *Lancet*, 1984, 8100: 1199-1201.

[7] 张钟灵. 小儿中暑的诊断及治疗[J]. *中国全科医学*, 2007, 10(14): 1138-1139.

[8] 张惠芬. 婴儿蒙被综合征 130 例临床分析[J]. *内蒙古中医药*, 2013, 32(26): 65.

[9] 蔡义记, 徐南平. 10 年 PICU 收住婴儿捂热综合征情况分析[J]. *小儿急救医学*, 2003, 10(1): 28-29.

[10] Hausfater P, Megarbane B, Fabricatore LA, et al. Serum Sodium abnormalities during nonexertional heatstroke: incidence and prognostic values [J]. *Am J Emerg Med*, 2012, 30(5): 741-748.

[11] Epstein Y, Roberts WO, Golan R, et al. Sepsis, septic shock, and fatal exertional heatstroke [J]. *Curr Sports Med Rep*, 2015, 14(1): 64-69.

[12] Lee CW, Perng CL, Huang YS, et al. Multiple organ failure caused by non-exertional heat stroke after bathing in a hot spring[J]. *J Chin Med Assoc*, 2010, 73(4): 212-215.

[13] Kawasaki T, Okamoto K, Kawasaki C, et al. Thrombomodulin improved liver injury, coagulopathy, and mortality in an experimental heatstroke model in mice[J]. *Anesth Analg*, 2014, 5(118): 956-963.

[14] Jilma B, Derhaschnig U. Disseminated intravascular coagulation in heat stroke: a hot topic[J]. *Crit Care Med*, 2012, 4(40): 1370-1372.

[15] Hausfater P, Mégarbane B, Fabricatore L, et al. Serum sodium abnormalities during nonexertional heatstroke: incidence and prognostic values[J]. *Am J Emerg Med*, 2012, 6(30): 741-748.

(收稿日期: 2016-06-18 修回日期: 2016-07-06)

(上接第 3918 页)

percutaneous nephrolithotomy[J]. *ScientificWorldJournal*, 2013, 20(8): 604361.

[13] Karim T, Majid J, Dinyar K, et al. Prevalence and management of complications of ureteroscopy: a seven-year experience with introduction of a new maneuver to prevent ureteral avulsion[J]. *Urol J*, 2012, 9(1): 356-360.

[14] Canes D, Hegarty NJ, Kamoi K, et al. Functional Out-

comes Following Percutaneous Surgery in the Solitary Kidney[J]. *J Urol*, 2009, 181(1): 154-160.

[15] Ahmed M, Pedro RN, Kieley S, et al. Systematic evaluation of ureteral occlusion devices: insertion, deployment, stone migration, and extraction[J]. *Urology*, 2009, 73(5): 976-980.

(收稿日期: 2016-06-18 修回日期: 2016-07-06)