

## 专家论坛

## 腹膜透析在急危重症救治中的应用

程钊 王惠明

武汉大学人民医院肾内科,湖北武汉 430042



**专家简介:**王惠明,医学博士、教授、主任医师、博士生导师。武汉大学人民医院肾内科主任。中国医师协会肾脏内科医师分会委员、中国病理生理学会肾脏病专委会常务委员、中国老年医学会肾脏病学分会常务委员、中国研究型医院学会肾脏病学分会常务委员、湖北省医学生物免疫学会肾脏病专委会主任委员、湖北省微循环学会肾脏病专委会主任委员、湖北省医学会肾脏病学分会副主任委员、湖北省医师协会肾脏病医师分会副主任委员、湖北省肾脏病与血液净化专科联盟理事长。主持国家自然科学基金课题 5 项,承担湖北省科技创新重大专项、国家十二五科技支撑计划子课题等。以第一作者或通信作者发表论文 100 余篇。获国家发明专利 4 项。在腹膜透析领域具有较丰富的经验和造诣,创立“王氏腹透导管技术”获湖北省技术发明奖二等奖。

**摘要** 腹膜透析(PD)与血液透析(HD)是治疗原理不同的两种肾脏替代治疗技术,均可用于终末期肾病(ESRD)和急性肾损伤(AKI)的治疗。连续性肾脏替代治疗(CRRT)起源于 HD,由于其可靠的生命支持作用,已成为重症救治领域必备的基本技术。与 HD 相比,PD 在 AKI 及重症救治领域应用相对不足,但这一状况正在发生改变。大量研究显示,PD 在 AKI 及严重顽固心力衰竭救治中具有独特的优势。腹腔复苏(DPR)技术是一种相对简单的 PD 治疗模式,可以有效纠正腹腔微循环障碍,已成为重症救治领域重要的复苏技术。PD 技术兼具 DPR 和 CRRT 的功能,它在危重症救治领域中的作用令人期待。

**关键词** 腹膜透析;血液透析;急性肾损伤;救治

中图分类号 R459.5

文献标识码 A

DOI 10.11768/nkjwzzzz20240404

**Application of peritoneal dialysis in the treatment of acute and critical illnesses** CHENG Zhao, WANG Hui-ming. Department of Nephrology, Renmin Hospital of Wuhan University, Hubei Wuhan, 430042, China

Corresponding author: WANG Hui-ming, E-mail: rm000301@whu.edu.cn

**Abstract** Peritoneal dialysis (PD) and haemodialysis (HD) are two renal replacement therapies with different principles, both used in the treatment of end-stage renal disease (ESRD) and acute kidney injury (AKI). Continuous renal replacement therapy (CRRT), derived from HD, has become an essential technique in intensive care due to its reliable life-supporting capabilities. PD has been under-utilized compared to HD in the treatment of AKI and other critical illnesses, but this situation is changing significantly. Numerous studies have shown that PD offers unique advantages in the treatment of AKI and refractory heart failure. Direct peritoneal resuscitation (DPR), a relatively simple mode of PD, effectively corrects microcirculatory disturbances in the abdominal cavity and has become an important resuscitation technique in critical care. The PD technique, which integrates the functions of DPR and CRRT, has a promising potential in the field of critical care.

**Key word** Peritoneal dialysis; Haemodialysis; Acute kidney injury; Critical care

### 一、腹膜透析在急危重症救治中应用不足

腹膜透析(peritoneal dialysis, PD)与血液透析(hemodialysis, HD)在治疗原理和方式上存在很大的差异,但二者均因满足肾衰竭患者肾脏替代治疗的需求而诞生。虽然这两种治疗模式主要应用于终末期肾脏病(end stage of renal disease, ESRD)患者,

但其潜在的生命支持和稳定内环境的作用带来临床应用场景的不断拓展。尤其是 HD 技术,衍生出了血液灌流、血液滤过、血浆置换、免疫吸附、连续性血液净化和连续性肾脏替代治疗(continuous renal replacement therapy, CRRT)等多种治疗技术,其适应证已超出 ESRD,应用领域渗透到多个学科。特别

是CRRT技术,发展至今已成为重症医学科的基本必备技术。1923年PD技术首次应用于尿毒症患者的治疗,1946年哈佛大学医学院第一次实施PD技术救治急性肾损伤(acute renal injury,AKI)患者<sup>[1]</sup>。经历一个世纪的发展,PD在技术层面已趋向成熟,但相比于HD技术其应用仍相对滞后和不足,尤其是应用于急危重症患者救治。2005年一项多中心的调查研究发现,在治疗AKI的所有肾脏替代治疗模式中,PD应用比例仅占3.2%,而且选择PD技术更多的是在发展中国家<sup>[2]</sup>。2012年一项全球性的问卷调查结果显示,50.8%的普通病房医生认为PD适合用于AKI救治,但实际应用率只有22%;而36.1%的重症监护病房(ICU)医生认为PD适合用于AKI救治,但实际应用率只有16.7%<sup>[3]</sup>。直至2014年,第一部PD治疗AKI临床实践指南才由国际腹膜透析学会(International Society of Peritoneal Dialysis,ISPD)制订发布<sup>[4]</sup>。这些资料和数据表明PD应用于危重症患者的救治受限于认识偏差和实践欠缺。

PD相比于HD有一些公认的优点。它的技术简单,对环境、医疗物资、水源及电力设施条件需求较低。在一些特殊场景如战争、灾害、落后地区等电力、水源、基础设施不易获取而导致常规CRRT无法展开时,PD仍可以发挥作用<sup>[5]</sup>。PD技术治疗费用较连续性静脉静脉血液滤过(continuous venous venous hemofiltration, CVVHF)低50%<sup>[6]</sup>,尤其适宜于发展中国家或地区<sup>[7]</sup>。此外,PD以腹膜为半透膜,生物相容性较好;缓慢超滤及溶质清除使血流动力学稳定;无需建立血管通路;无需抗凝<sup>[7]</sup>。在操作上也大大节省了护理工作量<sup>[8]</sup>。这些赋予PD不可替代的优势。近10年尤其是在“新冠”疫情全球流行以来,PD在危重症领域日益得到重视。国际肾脏病学会(International Society of Nephrology,ISN)等专业学术组织先后发起“挽救年轻生命”、“2025年AKI零死亡(0 by 25)”等倡议和活动,呼吁加强PD技术的应用普及,最大程度挽救AKI患者。在“新冠”疫情肆虐的国家和地区,PD患者感染风险低、受疫情冲击影响小,在透析人群中显示了极大的优势。另一方面,在医疗资源大量消耗的境况下,更多的医疗单位选择PD治疗AKI及其它重症患者,治疗效果和技术可及性均令人满意<sup>[9]</sup>。在此背景下,ISPD结合PD技术发展现状,在2014版指南基础上进行了更新修订,发布了2020年PD治疗AKI指南<sup>[10]</sup>。同时,PD在严重顽固心力衰竭(简称心衰)、

重症胰腺炎、感染性休克等重症救治中的效果也得到了重新的评估和认识。

## 二、PD在AKI救治中的应用

AKI是ICU重症患者常见并发症,且与患者不良预后相关。AKI发生后需要行肾脏替代治疗,目前临床上可选择模式有间断血液透析(intermittent HD,IHD)、CRRT尤其是CVVHF、PD。现有研究表明:CRRT在肾脏功能恢复上较IHD有优势,而适宜的PD治疗在肾脏恢复及患者生存上较基于体外血液循环的肾脏替代治疗更有优势。2008和2013年巴西圣保罗州立医院分别报道了2项RCT研究结果。这2项研究分别比较了高容量腹膜透析(high-volume PD,HVPD)与每日血液透析(daily HD,DHD)<sup>[11]</sup>、HVPD与强化血液透析<sup>[12]</sup>在救治AKI中的效果。HVPD组采取自动化腹膜透析(automated PD,APD)治疗模式,2L腹透液留腹35~50 min后换液,每天18~22个治疗周期,治疗剂量36~44 L;DHD组采取每次透析3 h,每周6次;强化血液透析组则延长每日透析时间到6~8 h。结果显示:HVPD组与DHD组相比,在患者生存、溶质清除上无差异,但总治疗时间以及AKI恢复时间都显著短于DHD组。强化血液透析虽然在溶质及液体清除上优于HVPD,但在患者生存上二者无差异,在AKI恢复时间上,HVPD短于强化血液透析,但差异无统计学意义。2018年一项RCT研究比较了潮式腹膜透析(tidal PD,TPD)与连续性静脉静脉血液透析滤过(continuous venous venous hemodialysis filtration, CVVHDF)救治AKI患者的效果,TPD处方设定为70%潮液量,每天治疗剂量25 L,CVVHDF组每周治疗6 d,每次6~8 h,置换液量30 mL/(kg·h)。结果显示,TPD组患者生存率及AKI恢复率明显优于CVVHDF组,溶质清除效果TPD组优于CVVHDF组,ICU住院时间以及AKI恢复时间TPD组明显短于CVVHDF组,不良反应发生率TPD组明显低于CVVHDF组<sup>[13]</sup>。这些较高质量的研究证明采取合适的PD治疗模式救治AKI患者,可获得较传统HD或CRRT更好的效果。

2020年ISPD发布PD治疗AKI指南,主要有四部分内容<sup>[10]</sup>:①在所有情况下,应将PD视为治疗AKI的合适方式;②PD通路选择;③透析液的选择;④PD处方及溶质清除。指南的第一部分旨在帮助读者建立正确的认知和理念。PD治疗AKI有比较充足的循证医学证据,证明通过选择合适的PD治疗模式,PD在溶质和液体清除以及酸中毒纠正等方

面不劣于甚至优于常规的 HD 或 CRRT 技术,在患者生存率、肾功能恢复率、肾功能恢复时间、并发症发生等方面 PD 具有显著优势。PD 导管材质选择应基于现实条件,满足液体引流需要即可。在 PD 置管方式方面,指南对现有置管模式优缺点均进行了阐述,但经皮穿刺置管术应是未来的方向,如何减少导管移位等并发症是关键的技术问题。在运用 APD 治疗技术时,重力驱动型和泵驱动型 APD 机在导管移位和包裹并发症发生率上有差异,TPD 和间断性腹膜透析(intermittent PD,IPD)治疗模式选择对导管功能也有影响。透析液的选择要考虑到患者肝功能、电解质的状况进行个体化的调整。关于 PD 处方制定,指南推荐 APD 治疗时,每日 25L、潮液量 70% 的治疗剂量与 CVVHDF 置换量 23 mL/(kg·h) 的效果相当。在治疗起始时,采取短周期时间(1~2 h),48 h 后可考虑增加到 4 h 以上的周期时间。PD 治疗 AKI 的并发症的原则与治疗尿毒症患者相似,通过标准化规程和持续性质量改进尽量避免。

### 三、PD 在顽固心衰救治中的应用

由于人口老龄化、心血管风险因素控制不足以及循证治疗延长了生存期,顽固心力衰竭(heart failure, HF)的全球患病率正在增加。导致越来越多的医疗、经济和伦理问题<sup>[14]</sup>。HF 可分为左心室射血分数降低的 HF(HFrEF, LVEF < 40%)、射血分数保留的 HF(HFpEF)和射血分数中等的 HF(HFmEF, LVEF 40%~50%)。HFrEF 的 1 年总死亡率为 8.8%,HFpEF 为 6.3%<sup>[15]</sup>。HF 入院死亡率约为 10%,出院后 30 d 和 1 年死亡率分别为 6.5% 和 30%<sup>[16]</sup>。

心肾综合征(cardiorenal syndrom, CRS)是 HF 的主要病理生理学表现。超过 40% 的全因死亡率可归因于 CRS,也是导致反复住院的主要因素<sup>[17]</sup>。CRS 可分为 5 种亚型,即:CRS1 型,心功能急性恶化导致 AKI;CRS2 型,慢性心功能不全导致的进行性或永久 CKD;CRS3 型,肾功能急性恶化导致急性 HF;CRS4 型,CKD 导致急、慢性 HF 或左室肥厚;继发性 CRS,心脏和肾脏同时受累,可引起急性心脏、肾脏损伤和功能障碍的全身性疾病。由于 HF 时肾静脉充血和动脉充盈不足、神经激素失衡会阻碍钠和水的充分排泄,导致“排泄性肾功能不全”,继而导致反复的容量失代偿。对于 HF 非 ESRD 患者,袢利尿剂被推荐为急性和慢性失代偿性 HF 患者的一线治疗<sup>[18,19]</sup>。血液透析单纯超滤或血液滤过也是一种选择,但尚无证据表明基于体外循环的超滤

较利尿剂在效果上的优越性<sup>[20]</sup>。对于晚期 HF 和顽固性充血患者,腹膜透析超滤(peritoneal dialysis ultrafiltration, pUF)是一种有效的治疗选择<sup>[21~23]</sup>。多个研究显示它可以有效改善患者纽约心脏病协会(New York Heart Association, NYHA)分类并能减少因 HF 的住院<sup>[24]</sup>。德国心脏病学和肾脏病学学会经常使用并建议 pUF 用于治疗慢性难治性 CRS 患者<sup>[25]</sup>。2020 年一项来自于德国的多中心前瞻性观察性研究显示,HFrEF 和 HFpEF 患者接受 pUF 治疗均能获益,但存在显著差异。pUF 治疗降低了 HFpEF 患者的住院率。然而,HFrEF 患者而非 HFpEF 患者的 LVEF 得到了改善<sup>[26]</sup>。对于 HF 合并 ESRD 患者,主要采取血液透析或 CRRT 治疗减轻心脏负担,但由于这些患者往往存在缺血性心脏病等心脏本身的病变,基于体外循环的治疗由于溶质及液体快速清除导致的血流动力学波动,导致患者不能耐受治疗甚至加重 HF,对于这一类患者,PD 介入在改善 HF 分级、缓解 HF 症状及降低住院率方面可能优于 HD 或 CRRT,但尚缺乏高质量的临床研究证据<sup>[27]</sup>。

### 四、PD 与腹腔复苏技术

腹腔复苏(direct peritoneal resuscitation, DPR)是指通过腹腔穿刺的方式将所需输注的液体直接注入腹腔内的液体复苏方法,它可以有效增强内脏微循环流量。失血性休克后,通过静脉输液虽然能恢复中心血流动力学,但内脏微血管会经历持续和渐进的血管收缩,延长缺血性损伤。这种血管收缩是由于血管收缩因子和血管舒张因子的失衡、对体液血管舒张因子反应性降低以及内皮介导的血管舒张破坏所致<sup>[28]</sup>。尽管血管平滑肌扩张的能力保持不变,但内皮失去了对充分启动血管舒张的介质作出反应的能力<sup>[29,30]</sup>。缺血的持续时间与内脏器官损伤和功能障碍的程度直接相关<sup>[31,32]</sup>。恢复内脏器官的血流可导致缺血再灌注损伤(ischemia reperfusion injury, IRI),IRI 破坏内皮和上皮屏障,激活异常炎症级联反应,导致多系统器官功能障碍,进一步加重病情和增加死亡率<sup>[32]</sup>。DPR 是对抗 IRI 介导的内脏血管收缩的一种复苏方法。用于 DPR 的葡萄糖腹膜透析溶液含有葡萄糖和葡萄糖降解产物,这些物质会诱导腺苷和一氧化氮的释放而导致内脏血管舒张,从而增加内脏血流量。此外,腹腔灌入高渗溶液降低了缺血后水分子通过蛋白通道的跨细胞扩散,逆转血管收缩,产生持续和瞬时血管舒张,改善内脏器官灌注<sup>[29,30,32~34]</sup>。内脏血流增加使 IRI 持

续时间缩短,减少了炎症介质的释放,减轻细胞肿胀和凋亡。研究发现,对于腹腔微循环障碍,DPR 通过以下机制发挥器官保护作用:改善缺血器官的血液循环与微循环;减轻静脉液体复苏导致的组织水肿;调节肠系膜淋巴液性状与回流;减轻系统及组织炎症反应<sup>[35]</sup>。DPR 技术已被用于救治多种重症且取得较好的效果,比如重症急性胰腺炎<sup>[36]</sup>、损伤控制外科<sup>[37]</sup>、合并败血症的腹部创伤<sup>[38]</sup>等。

从治疗模式来看,PD 可使腹透液流入腹腔,与腹膜毛细血管内的血液一起通过腹膜进行水和溶质的转运和交换后,再将腹透液从腹腔中引流出来;故 DPR 可视为一种简单的 PD 治疗,而 PD 不仅具有 DPR 的功能,它还能发挥 CRRT 的作用。从理论上讲,PD 能纠正腹腔微循环障碍,具有传统 CRRT 不具备的复苏功能。随着 APD 技术日益成熟,在 ESRD 肾脏替代治疗中越来越普及,可以预见 PD 技术将扩展到重症治疗领域,其前景令人期待。

### 五、前景与挑战

腹腔复苏技术的兴起为 PD 技术进入重症医学领域提供了一个契机。现有的 CRRT 技术只能提供肾脏替代和生命支持的作用,但不具备腹腔复苏的效能。PD 技术可能为某些重症患者提供比 CRRT 更好的治疗效果。此外,APD 机的信息化、智能化使 PD 治疗过程更加简便高效,能大大减轻 ICU 的医护负担。当前面对的主要困难和挑战有:①PD 技术的知晓和普及不足。在绝大多数国家和地区,PD 技术应用远远落后于 HD 技术,导致相关的技术和人才极为缺乏;②PD 导管技术瓶颈尚待突破。调查显示,即便在泰国这样有较好的 PD 应用基础的国家,PD 置管技术能力不足以及导管并发症严重制约了 PD 在重症人群中的应用<sup>[39]</sup>;③腹膜透析并发症的防治。腹膜炎是影响 PD 效能的重要并发症;此外,在急危重症救治中应用 PD 还需注意患者是否出现疝、胸腔积液等其他非感染性 PD 并发症以及血糖控制不佳、电解质紊乱等代谢性并发症。④PD 相关的政策尚待突破。由于政策的限制,针对 ESRD 的“PD first”政策在很多国家和地区尚未践行。对于危重症救治,PD 相关的政策亟待制订和实施。

### 参考文献

- 1 Frank HA, Seligman AM, Fine J. Treatment of uremia after acute renal failure by peritoneal irrigation[J]. J Am Med Assoc, 1946, 130: 703-705.
- 2 Uchino S, Kellum JA, Bellomo R, et al. Acute renal failure in critically ill patients: a multinational, multicenter study [J]. JAMA, 2005, 294

- (7): 813-818.
- 3 Gaiao S, Finkelstein FO, de Cal M, et al. Acute kidney injury: are we biased against peritoneal dialysis? [J]. Perit Dial Int, 2012, 32(3): 351-355.
- 4 Cullis B, Abdelraheem M, Abrahams G, et al. Peritoneal dialysis for acute kidney injury[J]. Perit Dial Int, 2014, 34(5): 494-517.
- 5 Gorbatkin C, Bass J, Finkelstein FO, et al. Peritoneal dialysis in austere environments: an emergent approach to renal failure management [J]. West J Emerg Med, 2018, 19(3): 548-556.
- 6 Li PK, Chow KM, Van de Luijngaarden MWM, et al. Changes in the worldwide epidemiology of peritoneal dialysis [J]. Nature Reviews Nephrology, 2017, 13(2): 90-103.
- 7 Liu L, Zhang L, Liu G J, et al. Peritoneal dialysis for acute kidney injury[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2017, 12(12): CD011457.
- 8 Parapiboon W, Ponce D, Cullis B. Acute peritoneal dialysis in COVID-19[J]. Perit Dial Int, 2020, 40(4): 359-362.
- 9 Shankaranarayanan D, Neupane SP, Varma E, et al. Peritoneal dialysis for acute kidney injury during the COVID-19 pandemic in New York City[J]. Kidney Int Rep, 2020, 5(9): 1532-1534.
- 10 Cullis B, Al-Hwiesh A, Kilonzo K, et al. ISPD guidelines for peritoneal dialysis in acute kidney injury: 2020 update (adults) [J]. Perit Dial Int, 2021, 41(1): 15-31.
- 11 Gabriel DP, Caramori JT, Martim LC, et al. High volume peritoneal dialysis vs daily hemodialysis: a randomized, controlled trial in patients with acute kidney injury [J]. Kidney Int Suppl, 2008 (108): S87-S93.
- 12 Ponce D, Berbel MN, Abrao JM, et al. A randomized clinical trial of high volume peritoneal dialysis versus extended daily hemodialysis for acute kidney injury patients[J]. Int Urol Nephrol, 2013, 45(3): 869-878.
- 13 Al-Hwiesh A, Abdul-Rahman I, Finkelstein F, et al. Acute kidney injury in critically ill patients: a prospective randomized study of tidal peritoneal dialysis versus continuous renal replacement therapy [J]. Ther Apher Dial, 2018, 22(4): 371-379.
- 14 McMurray JJ, Adamopoulos S, Anker SD, et al. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: the task force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the ESC [J]. Eur Heart J, 2012, 33(14): 1787-1847.
- 15 Cleland JG, McDonagh T, Rigby AS, et al. The national heart failure audit for England and Wales 2008-2009 [J]. Heart, 2011, 97(11): 876-886.
- 16 Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The

- Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC[J]. *Eur Heart J*,2016,37(27):2129-2200.
- 17 Bock JS, Gottlieb SS. Cardiorenal syndrome: new perspectives[J]. *Circulation*,2010,121(23):2592-2600.
- 18 Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B, et al. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of heart failure: executive summary: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on practice guidelines[J]. *Circulation*,2013,128(16):1810-1852.
- 19 K/DOQI clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification[J]. *Am J Kidney Dis*,2002,39(2 Suppl 1):S1-S266.
- 20 Costanzo MR, Negoianu D, Fonarow GC, et al. Rationale and design of the Aquapheresis Versus Intravenous Diuretics and Hospitalization for Heart Failure (AVOID-HF) trial[J]. *Am Heart J*,2015,170(3):471-482.
- 21 Lu R, Mucino-Bermejo MJ, Ribeiro LC, et al. Peritoneal dialysis in patients with refractory congestive heart failure: a systematic review[J]. *Cardiorenal Med*,2015,5(2):145-156.
- 22 Wojtaszek E, Malyszko J, Matuszkiewicz-Rowinska J. Peritoneal ultrafiltration in end-stage congestive heart failure[J]. *Cardiol J*,2014,21(2):115-120.
- 23 Papasotiriou M, Liakopoulos V, Kehagias I, et al. Favorable effects of peritoneal dialysis in patients with refractory heart failure and overhydration[J]. *Perit Dial Int*,2022,42(1):48-56.
- 24 Schwenger V, Rempis BA, Westenfeld R, et al. Dialysis and ultrafiltration therapy in patients with cardio-renal syndrome: recommendations of the working group "heart-kidney" of the German Cardiac Society and the German Society of Nephrology[J]. *Dtsch Med Wochenschr*,2014,139(7):e1-e8.
- 25 Frohlich H, Katus HA, Tager T, et al. Peritoneal ultrafiltration in end-stage chronic heart failure[J]. *Clin Kidney J*,2015,8(2):219-225.
- 26 Grosseckler L, Schmack B, Brockmann C, et al. Benefits of peritoneal ultrafiltration in HFpEF and HFrEF patients[J]. *BMC Nephrol*,2020,21(1):179.
- 27 Roehm B, Gulati G, Weiner DE. Heart failure management in dialysis patients: Many treatment options with no clear evidence[J]. *Semin Dial*,2020,33(3):198-208.
- 28 Torres FI. Hemorrhagic Shock and the Microvasculature[J]. *Compr Physiol*,2017,8(1):61-101.
- 29 Garrison RN, Zakaria ER. Peritoneal resuscitation[J]. *Am J Surg*,2005,190(2):181-185.
- 30 Zakaria ER, Li N, Garrison RN. Mechanisms of direct peritoneal resuscitation-mediated splanchnic hyperperfusion following hemorrhagic shock[J]. *Shock*,2007,27(4):436-442.
- 31 Schuch J, Matheson PJ, Harbrecht BG, et al. Plasma resuscitation with adjunctive peritoneal resuscitation reduces ischemia-induced intestinal barrier breakdown following hemorrhagic shock[J]. *J Trauma Acute Care Surg*,2021,90(1):27-34.
- 32 Schuch J, Matheson PJ, Harbrecht BG, et al. Plasma resuscitation with adjunctive peritoneal resuscitation reduces ischemic intestinal injury following hemorrhagic shock[J]. *J Trauma Acute Care Surg*,2020,89(4):649-657.
- 33 Khanek S, Jensen AR, Drucker NA, et al. Direct peritoneal resuscitation improves mesenteric perfusion by nitric oxide dependent pathways[J]. *J Surg Res*,2017,213:274-280.
- 34 Weaver JL, Smith JW. Direct peritoneal resuscitation: a review[J]. *Int J Surg*,2016,33(Pt B):237-241.
- 35 Ribeiro-Junior M, Costa C, de Souza AS, et al. The role of direct peritoneal resuscitation in the treatment of hemorrhagic shock after trauma and in emergency acute care surgery: a systematic review[J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*,2022,48(2):791-797.
- 36 Lu Z, Zhu X, Hua T, et al. Efficacy and safety of abdominal paracentesis drainage on patients with acute pancreatitis: a systematic review and meta-analysis[J]. *BMJ Open*,2021,11(8):e045031.
- 37 Smith JW, Garrison RN, Matheson PJ, et al. Direct peritoneal resuscitation accelerates primary abdominal wall closure after damage control surgery[J]. *J Am Coll Surg*,2010,210(5):658-664,664-667.
- 38 Smith JW, Neal GR, Matheson PJ, et al. Adjunctive treatment of abdominal catastrophes and sepsis with direct peritoneal resuscitation: indications for use in acute care surgery[J]. *J Trauma Acute Care Surg*,2014,77(3):393-398,398-399.
- 39 Treantrakanpon W, Kanjanabuch T, Nopsopon T, et al. Barriers to and constraints of acute peritoneal dialysis in acute kidney injury: A nationwide survey[J]. *Perit Dial Int*,2022,42(1):92-95.

(2024-06-03 收稿)