

• 综述 •

肾动脉阻力指数评估急性肾损伤的研究进展

朱嘉宁^{1,2} 李秋洋¹ 张颖¹ 罗渝昆¹¹ 解放军总医院第一医学中心超声诊断科, 北京 100853; ² 解放军医学院, 北京 100853

通信作者: 罗渝昆, Email: lyk301@163.com

【摘要】 急性肾损伤 (AKI) 在危重患者中较为常见, 其临床发生和进展与患者的预后及生存率直接相关。AKI 在重症监护病房 (ICU) 的患病率有一定差异, 但其发生率总体较高, 及时发现 AKI 对于危重患者风险评估、早期诊断、临床转归、治疗的指导与调整尤为重要。基于多普勒的肾动脉阻力指数 (RRI) 主要反映血管床的阻力状态, 可间接对肾实质发生损害的程度进行相对客观的定量评价, 是临床上对急、慢性肾损害预后评估和判断最常用的监测方式与手段。本文主要从 RRI 的定义、RRI 的测量方法、RRI 在 AKI 领域的应用与进展、超声测量 RRI 的利弊、RRI 的远期应用等方面和 RRI 在预测 AKI 中的有效性, 以及在临床应用中的进展进行综述。

【关键词】 急性肾损伤; 肾动脉阻力指数; 多普勒超声; 重症超声

基金项目: 国家自然科学基金 (81971635)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20210126-00134

Research progress of renal resistive index in the evaluation of acute kidney injuryZhu Jianing^{1,2}, Li Qiuyang¹, Zhang Ying¹, Luo Yukun¹¹Department of Ultrasound, the First Medical Centre, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China; ²Medical School of Chinese PLA, Beijing 100853, China

Corresponding author: Luo Yukun, Email: lyk301@163.com

【Abstract】 Acute kidney injury (AKI) is common in critically ill patients and it is directly related to the patient's prognosis and survival. Despite remaining uncertainties regarding the prevalence of AKI in intensive care unit (ICU), the overall incidence of AKI is relatively high, and prompt recognition is necessary to ensure the risk assessment, early diagnosis, clinical outcome, and treatment of critically ill patients. Doppler-based renal resistive index (RRI) mainly reflects vascular bed resistance state, which can be indirect to the extent of the damage of renal parenchyma. It is a relatively objective and quantitative evaluation, and is widely used in clinical prognosis of acute or chronic renal damage evaluation and judgment. This paper reviews the definition of RRI, the measurement methods of RRI, the application and progress of RRI in the field of AKI, the advantages and disadvantages of ultrasonic measurement of RRI, the long-term application of RRI, the effectiveness of RRI in predicting AKI, and the progress in clinical application.

【Key words】 Acute kidney injury; Renal resistance index; Doppler; Critical care ultrasound

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81971635)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20210126-00134

急性肾损伤 (acute kidney injury, AKI) 在重症监护病房 (intensive care unit, ICU) 的患者中较为常见, 并与患者的不良预后密切相关^[1-2]。改善全球肾脏病预后组织 (Kidney Disease: Improving Global Outcomes, KDIGO) 将 AKI 定义为 7 d 或更短时间内肾功能突然下降或血肌酐 (serum creatinine, SCr) 升高或少尿^[3]。然而, 由于受性别、年龄、体质量、肌肉质量及蛋白质摄入量的影响, 少尿对于诊断肾功能不全的特异性较差, 且 SCr 升高对 AKI 的早期诊断也缺乏敏感性^[4-5]。国内徐兴凯等^[6]的研究表明, 中性粒细胞明胶酶相关脂质运载蛋白 (neutrophil gelatinase-associated lipocalin, NGAL) 可用于脓毒症 AKI 的早期诊断。而且更重要的是, 患者就诊时测得的 SCr 和尿排出量并不总是可以预测不良结果, 如医院病死率或肾脏替代治疗 (renal replacement therapy, RRT) 要求^[5]。理想的生物标志物应该具有非侵入性, 并且在疾病的早期阶段即可检测获得的特点。目前 AKI 检测指标的局限性促使 KDIGO 专家积极探索对其早期诊断、鉴别

诊断或预后评估有价值的新指标^[7]。

随着超声技术的发展和仪器性能的提高, 床旁超声因其便捷、实时、可重复等特点在重症患者中的应用越来越广泛。因此, 肾脏超声成为大多数 AKI 患者评估肾功能以及了解病变肾脏结构特点的首选成像方式^[8-9]。常规超声 (B 型) 是临床上最基本的超声检查模式, 它根据声波的性质生成灰度图像, 在不同密度介质的界面上反射。然而, B 型超声无法评估肾脏功能。在灰度图像中加入多普勒技术能使肾内血管可视化并实现动态参数的计算, 其中研究最多的是肾动脉阻力指数 (renal resistive index, RRI)^[10]。肾血管收缩被认为是 AKI 的早期表现之一, RRI 不仅可反映肾动脉主干的血流阻力, 还可以反映肾内弓形或小叶间动脉的血流曲线变化, 收缩压峰值与肾血管舒张期末血流速度下降之间的关系^[11]。研究表明, 升高的肾血管阻力指数与血流动力学参数密切相关, 包括收缩压和舒张压、脉搏压、脉搏波传导速度等, 进而可反映肾动脉僵硬, 是临床监测肾血管

情况的重要方式^[12]。超声测量 RRI 被认为是一种早期快速识别 AKI 且无创的方法^[13]。但血管顺应性和腹内压等许多生理因素均会对 RRI 造成影响。现对近年来 RRI 在 AKI 评估中的临床研究进展进行综述。

1 RRI 的定义

RRI 是由多普勒超声测量,通过肾叶间动脉血流速度波形获得的〔收缩期峰值流速 (peak systolic velocity, PSV) —舒张期末流速 (end diastolic velocity, EDV)〕/PSV 而得到^[14]。RRI 获得的理论依据是肾动脉频谱表现为收缩期血流之后有一个流速较高的舒张期正向血流,不存在反向血流,通过对动脉频谱的波形分析便可以得到肾动脉阻力的有效血流信息。

2 RRI 的测量方法

目前常使用 2~5 MHz 探头来定位肾内血管,并运用彩色多普勒评估肾脏血流灌注,连续出现 3~5 个相似波形被视为最佳频谱表现。获得连续 3 次以上测定肾叶间动脉的 PSV 和 EDV 后取其平均值计算 RRI [RRI=(PSV-EDV)/PSV]^[15] 的理论上, RRI 的取值可以从 0~1,一般将 RRI<0.70 视为正常。但 RRI 的正常参考值范围与年龄有关^[16]。通过大量研究中对 RRI 的测量可知,健康受试者的平均 RRI 正常参考值范围是(0.58±0.05)~(0.64±0.04)^[17]。

3 RRI 在 AKI 领域中的应用及研究进展

研究表明,AKI 与体循环(由左心室射出,以动脉血滋养全身各部分,并将其代谢产物经静脉运送回心的循环)血流动力学发生障碍及肾脏血流灌注减少密切相关^[14]。常规循环监测以体循环检测为主,而超声测量的 RRI 可对肾脏微循环的改变进行评价。当有效循环血容量不足时,机体代偿性收缩外周血管,因肾脏血管上的缩血管物质受体分布更有优势,肾血管在代偿时收缩更加明显,从而引起肾血管阻力增加,因此, RRI 的变化可相对反映外周及肾脏灌注情况, RRI 较高常提示肾脏血流灌注不足。一项关于 100 例外科瓣膜置换术患者的队列研究表明, RRI 是肾内循环和全身血流动力学之间复杂相互作用的结果^[18]。RRI 不仅是肾脏损伤的特异性标志物,而且与体循环和一些心血管参数如心功能、主动脉弹性、血管顺应性、肾毛细血管楔压和临床阶段(如心力衰竭的进展与恢复)等有着密切关系。研究显示,术后即刻较高的 RRI 与 AKI 密切相关,并且由于动脉粥样硬化,接受经导管主动脉瓣置换术患者的 RRI 基线值(0.76±0.7)高于健康人^[19]。另一项针对 92 例休克患者的队列研究表明,高龄、急性生理学及慢性健康状况评分Ⅲ(acute physiology and chronic health evaluation Ⅲ, APACHE Ⅲ)评分、血管升压素剂量、血乳酸、平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)、脉压指数、中心静脉压(central venous pressure, CVP)、液体平衡及入院前低肾小球滤过率(glomerular filtration rate, GFR)、肌酐清除率(creatinine clearance rate, CCR)是高 RRI 的影响因素^[20]。休克患者的 RRI 明显高于未发生休克者[0.751(0.692, 0.788)比 0.654(0.610, 0.686)],且循环系统的压力指数和入院前肾功能不全是休克发生的独立危险因

素^[21]。高 RRI 是早期评估 ICU 住院患者 AKI 进展阶段的有效指标。Zhi 等^[22]将 ICU 收治的 101 例危重患者作为观察对象,根据 KDIGO 标准将患者分为未发生 AKI 组、AKI 1 期组、AKI 2 期组、AKI 3 期组,分别测定患者入院 6 h 内的 RRI、能量多普勒超声(power Doppler ultrasound, PDU)评分及 RRI/PDU,结果显示, RRI 与年龄、儿茶酚胺剂量、脉压差、冠心病的复杂程度等呈正相关,而与 MAP 呈负相关;根据受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic curve, ROC 曲线)下面积(area under ROC curve, AUC)的评估, RRI、PDU 及 RRI/PDU 在诊断 AKI 方面均具有较高的准确性,其中 RRI/PDU 的诊断效能更好。另一项针对 99 例包括休克和非休克 ICU 患者的前瞻性队列研究,在分析了入院 24 h 内的 RRI 后同样表明, ICU 入院 1 周内的高 RRI 是发展到 AKI 2~3 期的重要预测因子;当最佳截断点为 0.74 时,其特异度为 87%;并且研究也发现,肾血管阻力指数与尿微量白蛋白关系密切,证明 RRI 是预测 AKI 的有效指标^[23]。另外,结合 RRI、APACHE Ⅲ评分和液体平衡后的综合评分提高了对 AKI 预测的准确性,提示血管收缩或血管顺应性差、疾病严重程度和液体平衡阳性均是导致 AKI 发展的独立危险因素。术后 AKI 的发生是由于低血容量和低血压的联合作用,并可能因肾毒性药物或已有的肾脏疾病而加重。围手术期监测 RRI 可以早期识别 AKI 的发生,从而降低术后病死率。一项针对 48 例髌骨骨折手术治疗患者的队列研究显示,未发生 AKI 组的 RRI 值明显低于 AKI 组[0.60(0.58, 0.68)比 0.74(0.71, 0.76)];且 ROC 曲线和多变量分析表明, RRI 是预测术后延迟 AKI 的有效指标。证实髌骨骨折围手术期 RRI 的计算可以早期有效地预测术后 AKI 的发生^[24]。另有一项针对 50 例接受整形外科手术患者的前瞻性队列研究同样表明,术前 RRI 可以反映已存在的肾脏疾病,并能识别有 AKI 风险的患者^[25]。术后测量不仅要考虑先前存在的肾脏情况,还应考虑术后变化。RRI 用于区分未发生 AKI 和 AKI 的 AUC 为 0.862, 95% 可信区间(95% confidence interval, 95%CI)为 0.735~0.943,最佳截断值为 0.705。证实 RRI 可用于术前早期预测 AKI,并对有 AKI 危险的患者应在术后护理中测定 RRI。Wu 等^[26]对 62 例接受急性 A 型主动脉夹层修复术患者的研究发现, RRI 升高可作为术后早期预测持续性 AKI 的重要因素, RRI≥0.725 对早期诊断持续性 AKI 具有较高敏感度(94.7%)和特异度(72.1%),说明测量 RRI 对 AKI 患者的管理决策和预后改善均有指导意义。

4 超声测量 RRI 的利弊

超声多普勒测量 RRI 有快速、无创、可重复等的优点,尤其是用于危重患者肾功能或肾血流灌注的监测^[27]。有证据表明,多普勒测量 RRI 在应用于危重患者时有较强的实用性, RRI 可用于早期预测脓毒症患者发生 AKI 的可能性^[28],并可以区分短暂性和持续性 AKI^[29]。Meta 分析显示, RRI 升高对预测手术后发生 AKI 的敏感度及特异度分别能达到 81.8% 及 77.6%^[30]; RRI 的变化还与预测 AKI 短期可

逆性的诊断性能密切相关,其敏感度及特异度分别为 83.0% 和 84.0%^[4]。目前,动物实验证实,RRI 的变化与脓毒症所致 AKI 有关^[31],但相关临床研究还在进一步深入中。这些优点证明,超声监测 RRI 是一种同时具有实用性和适用性的手段,可以作为早期预测、诊断 AKI 的无创、非侵入性、敏感度及特异度均较高的监测指标,特别是对于危重患者肾功能不全或肾功能不可逆性损伤的评估。

但监测 RRI 也有很多局限性。首先,多普勒测量不能反映微循环血管张力^[32],意味着 RRI 不能提供关于肾血流微循环的相关数据,而这些数据在评估 AKI 时又十分必要。近年来超声造影技术飞速发展,该技术对微血流的显示更为清晰,是监测微循环的又一有效方法,可以弥补常规多普勒超声测量的不足^[33-34];其次,肾脏超声的主观性和测量的精度(通过观察者间的差异与多普勒测量的差异来评估)是确定 RRI 的主要限制。最后,每个影响 RRI 的测量值因素在临床研究中均可能成为一个潜在的混杂因素^[35]。

5 RRI 的远期应用

超声测量 RRI 具有快速、可重复和非侵入性等优势,可用于评估危重症患者是否处于 AKI 状态,进而实时监测并反映肾脏的血流灌注情况。RRI 除受肾脏固有特性的影响外,还受心脏血管功能和其他器官功能的影响,且肾脏和血流动力学因素的相对作用有很大重叠,不能将其认为是一个纯粹的肾脏相关参数^[36]。但 RRI 能在许多不同的临床情景中提供可靠的肾脏及肾外信息,包括诊断和预后,尤其作为危重患者早期发现 AKI 进展及其可逆性的参考指标。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Chertow GM, Burdick E, Honour M, et al. Acute kidney injury, mortality, length of stay, and costs in hospitalized patients [J]. *J Am Soc Nephrol*, 2005, 16 (11): 3365-3370. DOI: 10.1681/ASN.2004090740.
- [2] Ronco C, Bellomo R, Kellum JA. Acute kidney injury [J]. *Lancet*, 2019, 394 (10212): 1949-1964. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)32563-2.
- [3] Kidney Disease: Improving Global Outcomes Chronic Kidney Disease Guideline Development Work Group Members. Evaluation and management of chronic kidney disease: synopsis of the kidney disease: improving global outcomes 2012 clinical practice guideline [J]. *Ann Intern Med*, 2013, 158 (11): 825-830. DOI: 10.7326/0003-4819-158-11-201306040-00007.
- [4] Bellos I, Pergialiotis V, Kontzoglou K. Renal resistive index as predictor of acute kidney injury after major surgery: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Crit Care*, 2019, 50: 36-43. DOI: 10.1016/j.jcrc.2018.11.001.
- [5] Di Nicolò P, Granata A. Renal intraparenchymal resistive index: the ultrasonographic answer to many clinical questions [J]. *J Nephrol*, 2019, 32 (4): 527-538. DOI: 10.1007/s40620-018-00567-x.
- [6] 徐兴凯, 张连东, 谭美春, 等. 尿中性粒细胞明胶酶相关脂质运载蛋白水平在脓毒症急性肾损伤早期诊断中的临床意义 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2017, 24 (3): 267-269. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2017.03.011.
- [7] Xu XK, Zhang LD, Tan MC, et al. Clinical significance of early diagnostic value of urinary neutrophil gelatinase-associated lipocalin in acute kidney injury in sepsis patients [J]. *Chin J TCM WM Crit Care*, 2017, 24 (3): 267-269. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2017.03.011.
- [8] Nash DM, Markle-Reid M, Brimble KS, et al. Nonsteroidal anti-inflammatory drug use and risk of acute kidney injury and hyperkalemia in older adults: a population-based study [J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2019, 34 (7): 1145-1154. DOI: 10.1093/ndt/gfz062.
- [9] Faubel S, Patel NU, Lockhart ME, et al. Renal relevant radiology: use of ultrasonography in patients with AKI [J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2014, 9 (2): 382-394. DOI: 10.2215/CJN.04840513.
- [10] Zaky A, Beck AW, Bae S, et al. The bio-sonographic index. A novel modality for early detection of acute kidney injury after complex vascular surgery. A protocol for an exploratory prospective study [J]. *PLoS One*, 2020, 15 (11): e0241782. DOI: 10.1371/journal.pone.0241782.
- [11] Barozzi L, Valentino M, Santoro A, et al. Renal ultrasonography in critically ill patients [J]. *Crit Care Med*, 2007, 35 (5 Suppl): S198-205. DOI: 10.1097/01.CCM.0000260631.62219.B9.
- [12] 郭庆宏, 李志州, 周威, 等. 肾血管阻力指数联合降钙素原对急性胰腺炎患者发生急性肾损伤预测价值 [J]. *肝胆外科杂志*, 2020, 28 (1): 56-60. DOI: 10.3969/j.issn.1006-4761.2020.01.016.
- [13] Guo QH, Li ZZ, Zhou W, et al. Renal vascular resistance index combined with procalcitonin in predicting acute renal injury in patients with acute pancreatitis [J]. *J Hepatobiliary Surg*, 2020, 28 (1): 56-60. DOI: 10.3969/j.issn.1006-4761.2020.01.016.
- [14] Devani K, Charilaou P, Radadiya D, et al. Acute pancreatitis: trends in outcomes and the role of acute kidney injury in mortality—a propensity-matched analysis [J]. *Pancreatology*, 2018, 18 (8): 870-877. DOI: 10.1016/j.pan.2018.10.002.
- [15] 于伟凤, 王梅, 邱占军, 等. 重症超声对急性肾损伤评估的技术进展 [J]. *医学综述*, 2020, 26 (15): 3045-3049. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2084.2020.15.025.
- [16] Yu WF, Wang M, Yue ZJ, et al. Technical technical progress in assessment of acute kidney injury by critical care ultrasound [J]. *Med Rec*, 2020, 26 (15): 3045-3049. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2084.2020.15.025.
- [17] Darmon M, Ostermann M, Cerda J, et al. Diagnostic work-up and specific causes of acute kidney injury [J]. *Intensive Care Med*, 2017, 43 (6): 829-840. DOI: 10.1007/s00134-017-4799-8.
- [18] Schnell D, Darmon M. Renal Doppler to assess renal perfusion in the critically ill: a reappraisal [J]. *Intensive Care Med*, 2012, 38 (11): 1751-1760. DOI: 10.1007/s00134-012-2692-z.
- [19] Renberg M, Kilhamn N, Lund K, et al. Feasibility of renal resistive index measurements performed by an intermediate and novice sonographer in a volunteer population [J]. *Ultrasound J*, 2020, 12 (1): 28. DOI: 10.1186/s13089-020-00175-6.
- [20] Choi YH, Cheon JE, Kim WS, et al. Ultrasonography of hydronephrosis in the newborn: a practical review [J]. *Ultrasonography*, 2016, 35 (3): 198-211. DOI: 10.14366/usg.15073.
- [21] Peillex M, Marchandot B, Bayer S, et al. Bedside renal Doppler ultrasonography and acute kidney injury after TAVR [J]. *J Clin Med*, 2020, 9 (4): 905. DOI: 10.3390/jcm9040905.
- [22] 支海君, 张萌, 崔晓雅, 等. 肾脏超声和血清胱抑素对急性肾损伤的预测价值: 在心力衰竭与脓毒症患者中的不同之处 [J]. *中华危重病急救医学*, 2019, 31 (10): 1258-1263. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.10.015.
- [23] Zhi HJ, Zhang M, Cui XY, et al. Renal echography and cystatin C for prediction of acute kidney injury: very different in patients with cardiac failure or sepsis [J]. *Chin Crit Care Med*, 2019, 31 (10): 1258-1263. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.10.015.
- [24] 付优, 何聪, 白银箱, 等. 肾阻力指数联合中心静脉压预测脓毒性休克患者发生急性肾损伤的价值 [J]. *中华危重病急救医学*, 2020, 32 (4): 473-477. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20191014-00062.
- [25] Fu Y, He C, Bai YX, et al. Value of the combination of renal resistive index and central venous pressure to predict septic shock induced acute kidney injury [J]. *Chin Crit Care Med*, 2020, 32 (4): 473-477. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20191014-00062.
- [26] Rozemeijer S, Haitsma Mulier J, Röttgering JG, et al. Renal resistive index: response to shock and its determinants in critically ill patients [J]. *Shock*, 2019, 52 (1): 43-51. DOI: 10.1097/SHK.0000000000001246.
- [27] Zhi HJ, Zhao J, Nie S, et al. Prediction of acute kidney injury: the ratio of renal resistive index to semiquantitative power Doppler ultrasound score—a better predictor?: a prospective observational study [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98 (21): e15465. DOI: 10.1097/MD.00000000000015465.
- [28] Haitsma Mulier J, Rozemeijer S, Röttgering JG, et al. Renal resistive index as an early predictor and discriminator of acute kidney injury in critically ill patients: a prospective observational cohort study [J]. *PLoS One*, 2018, 13 (6): e0197967. DOI: 10.1371/journal.pone.0197967.

- 10.1371/journal.pone.0197967.
- [24] Marty P, Ferre F, Labaste F, et al. The Doppler renal resistive index for early detection of acute kidney injury after hip fracture [J]. *Anaesth Crit Care Pain Med*, 2016, 35 (6): 377–382. DOI: 10.1016/j.acepm.2015.12.013.
- [25] Marty P, Szatjnic S, Ferre F, et al. Doppler renal resistive index for early detection of acute kidney injury after major orthopaedic surgery: a prospective observational study [J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2015, 32 (1): 37–43. DOI: 10.1097/EJA.000000000000120.
- [26] Wu HB, Qin H, Ma WG, et al. Can renal resistive index predict acute kidney injury after acute type a aortic dissection repair? [J]. *Ann Thorac Surg*, 2017, 104 (5): 1583–1589. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2017.03.057.
- [27] Duranteau J, Derudder S, Vigue B, et al. Doppler monitoring of renal hemodynamics: why the best is yet to come [J]. *Intensive Care Med*, 2008, 34 (8): 1360–1361. DOI: 10.1007/s00134-008-1107-7.
- [28] Lerolle N, Guérot E, Faisy C, et al. Renal failure in septic shock: predictive value of Doppler-based renal arterial resistive index [J]. *Intensive Care Med*, 2006, 32 (10): 1553–1559. DOI: 10.1007/s00134-006-0360-x.
- [29] Darmon M, Schortgen F, Vargas F, et al. Diagnostic accuracy of Doppler renal resistive index for reversibility of acute kidney injury in critically ill patients [J]. *Intensive Care Med*, 2011, 37 (1): 68–76. DOI: 10.1007/s00134-010-2050-y.
- [30] Ninet S, Schnell D, Dewitte A, et al. Doppler-based renal resistive index for prediction of renal dysfunction reversibility: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Crit Care*, 2015, 30 (3): 629–635. DOI: 10.1016/j.jcrc.2015.02.008.
- [31] Wang S, Zhao P, Zhang Y, et al. The therapeutic effects of curcumin in early septic acute kidney injury: an experimental study [J]. *Drug Des Devel Ther*, 2021, 15: 4243–4255. DOI: 10.2147/DDDT.S332623.
- [32] Wang L, Mohan C. Contrast-enhanced ultrasound: a promising method for renal microvascular perfusion evaluation [J]. *J Transl Int Med*, 2016, 4 (3): 104–108. DOI: 10.1515/jtim-2016-0033.
- [33] Post EH, Kellum JA, Bellomo R, et al. Renal perfusion in sepsis: from macro- to microcirculation [J]. *Kidney Int*, 2017, 91 (1): 45–60. DOI: 10.1016/j.kint.2016.07.032.
- [34] Dewitte A, Coquin J, Meyssignac B, et al. Doppler resistive index to reflect regulation of renal vascular tone during sepsis and acute kidney injury [J]. *Crit Care*, 2012, 16 (5): R165. DOI: 10.1186/cc11517.
- [35] Oliveira RAG, Mendes PV, Park M, et al. Factors associated with renal Doppler resistive index in critically ill patients: a prospective cohort study [J]. *Ann Intensive Care*, 2019, 9 (1): 23. DOI: 10.1186/s13613-019-0500-4.
- [36] 武钧, 许志伟, 张泓, 等. 肾血管阻力指数对重症急性胰腺炎相关性急性肾损伤早期预测价值的临床研究 [J]. *中华危重病急救医学*, 2019, 31 (8): 998–1003. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.08.017.
- Wu J, Xu ZW, Zhang H, et al. Clinical study on the early predictive value of renal resistive index in acute kidney injury associated with severe acute pancreatitis [J]. *Chin Crit Care Med*, 2019, 31 (8): 998–1003. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.08.017.

(收稿日期: 2021-01-26)

• 科研新闻速递 •

勃脉力 148 注射液治疗严重糖尿病酮症酸中毒

—— 一项多中心随机对照试验

为了比较勃脉力 148 注射液和生理盐水在治疗严重糖尿病酮症酸中毒 (diabetic ketoacidosis, DKA) 中的疗效, 有学者进行了一项多中心随机、随机对照 2 期试验。该试验在澳大利亚 7 家重症监护中心进行, 研究对象为在重症监护病房 (intensive care unit, ICU) 接受治疗的 DKA 患者。研究人员将受试对象随机分为两组, 分别接受勃脉力 148 注射液或生理盐水进行液体复苏治疗。主要评价指标为 DKA 缓解率 (DKA 缓解定义: 48 h 剩余碱 ≥ -3 mmol/L)。结果: 该研究共纳入 93 例患者, 其中 90 例包括在改良意向治疗人群中。勃脉力 148 注射液治疗组和生理盐水治疗组患者 48 h 补液量分别为 $(6\,798 \pm 4\,850)$ mL 和 $(6\,574 \pm 3\,123)$ mL, 阴离子间隙的中位数 (四分位数) $[M(Q_1, Q_3)]$ 分别为 $6(5, 7)$ mmol/L 和 $7(5, 7)$ mmol/L, 血酮体分别为 $0.3(0.1, 0.5)$ mmol/L 和 $0.3(0.1, 0.5)$ mmol/L。两组分别有 69% 和 36% 的患者在治疗 24 h 后 DKA 得到了缓解, 优势比 (odds ratio, OR) = 4.2, 95% 可信区间 (95% confidence interval, 95%CI) 为 41.68 ~ 10.72, $P=0.002$; 分别有 96% 和 86% 的患者在治疗 48 h 后 DKA 得到了缓解, OR = 3.93, 95%CI 为 0.73 ~ 21.16, $P=0.111$ 。两组患者 ICU 住院时间分别为 49 (23, 72) h 和 55 (41, 80) h, 总住院时间分别为 81 (58, 137) h 和 98 (65, 195) h。与生理盐水比较, 勃脉力 148 注射液可能会更有利于纠正 DKA 患者的代谢性酸中毒, 而且不会增加酮症。但这些发现需要在大型的 3 期临床试验中进一步证实。

罗红敏, 编译自《Intensive Care Med》, 2021, 47 (11): 1248–1257

脓毒性休克患者的大剂量配对血浆滤过吸附

—— 一项多中心随机临床试验

近期, 有学者在 12 个意大利重症监护病房 (intensive care unit, ICU) 进行了一项多中心、随机、适应性试验, 旨在评估大剂量 ($> 0.2\text{ L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 处理血浆) 配对血浆滤过吸附 (coupled plasma filtration adsorption, CPFA) 治疗感染性休克患者的疗效和安全性。研究对象为年龄 ≥ 14 岁、因感染性休克入住 ICU 或在住院期间发展为感染性休克的患者。主要评价指标为患者的病死率。结果: 2015 年 5 月至 2017 年 10 月收治的 115 例患者被随机分组。第一次中期分析发现了一些在治疗早期死亡的患者, 从而引发了一项计划外的数据分析。CPFA 组住院病死率高于对照组 (55.6% 比 46.2%), 但差异无统计学意义 ($P=0.35$)。对照组患者 90 d 生存曲线在随机化后早期优于 CPFA 组, 且两条曲线在之后一直保持分离 ($P=0.100$)。一项计划外分析显示, 在没有严重肾功能衰竭的患者中, CPFA 组病死率明显高于对照组 ($P=0.025$); 在治疗血浆量和病死率之间观察到剂量反应关系 ($P=0.010$)。由于 CPFA 可能对感染性休克患者产生有害影响, 该试验被提前终止。这种潜在的有害影响在感染性休克的早期阶段尤为明显。不需要肾脏替代治疗的患者似乎最容易受到可能的伤害, 并有剂量反应效应的证据。因此研究人员认为, 在完全了解这些结果背后的机制之前, 不推荐使用 CPFA 治疗感染性休克患者。

罗红敏, 编译自《Intensive Care Med》, 2021, 47 (11): 1303–1311