

肾阻力指数评估脓毒症急性肾损伤的研究进展

丁红 张坤*

承德医科大学附属第一医院重症医学科

DOI:10.12238/bmtr.v7i1.11788

[摘要] 脓毒症急性肾损伤(AKI)是危重病患者中一种常见且严重的并发症,其及时的识别与评估对改善患者预后至关重要。近年来,肾阻力指数(RI)作为一种无创的超声评估指标,逐渐引起了医学界的关注。RI可以反映肾脏血流动力学变化,帮助临床医生评估肾功能。然而,目前关于肾阻力指数在脓毒症AKI评估中的应用研究仍存在一定的局限性,包括其在不同临床情境下的敏感性和特异性不足等问题。本综述将总结肾阻力指数在脓毒症急性肾损伤评估中的最新研究进展,探讨其潜在机制、临床应用及现有的局限性,为未来在该领域的研究提供理论基础和参考。

[关键词] 肾阻力指数; 脓毒症; 急性肾损伤; 预测指标

中图分类号: R322.6+1 **文献标识码:** A

Progress in the assessment of acute kidney injury in sepsis by the renal resistance index

Hong Ding Kun Zhang*

Department of Intensive Care Unit, Affiliated Hospital of Chengde Medical University

[Abstract] Acute kidney injury (AKI) in sepsis is a common and serious complication in critically ill patients, and its timely recognition and evaluation are crucial to improving patient prognosis. In recent years, the renal resistance index (RI), a non-invasive ultrasound assessment index, has gradually attracted the medical community's attention. RI can reflect the changes in renal hemodynamics and help clinicians to assess renal function. However, current research on the application of renal resistance index in assessing sepsis-AKI still has some limitations, including its insufficient sensitivity and specificity in different clinical contexts. This review will summarise the recent research progress of renal resistance index in the assessment of sepsis-AKI, discuss its potential mechanisms, clinical applications, and existing limitations, and provide a theoretical basis and reference for future studies in this field.

[Key words] Renal resistance index; Sepsis; Acute Kidney Injury; Predictors

前言

脓毒症是一种机体对感染的反应失调引起的危及生命的器官功能障碍,其引发的急性肾损伤(AKI)严重影响患者预后。急性肾损伤在脓毒症患者中尤为常见,其发生率可高达30%至50%^[1]。传统的肾功能评估方法主要依赖于血清肌酐和尿量的监测,但这些指标往往存在延迟,不能及时反映肾脏的状态^[2]。近年来,肾阻力指数(RI)因其敏感性和无创优势而备受关注。肾阻力指数是通过多普勒超声测量肾动脉的血流动力学参数,能够更早地识别肾脏血流的变化,进而评估肾功能的状态。研究表明,肾阻力指数的升高与急性肾损伤的发生密切相关,且在脓毒症患者中具有良好的预后预测价值^[3]。此外,肾阻力指数在监测肾脏血流灌注、评估肾脏功能恢复等方面也显示出良好的应用前景^[3]。本综述旨在探讨肾阻力指数在脓毒症急性肾损伤中的应用及其研究动向,分析其在临床实践中的潜在价值和未来研究

方向。通过对现有文献的回顾,我们希望为临床医生提供有关肾阻力指数的最新研究成果和应用建议,以便更好地管理脓毒症患者的肾脏健康。

1 肾阻力指数研究进展

1.1 肾阻力指数的定义和测量方法

肾阻力指数(Renal Resistive Index, RRI)是通过多普勒超声技术测量的一个重要参数,用于评估肾脏血流动力学的状态。其计算公式为: $RRI = (\text{峰收缩速度} - \text{舒张末期速度}) / \text{峰收缩速度}$ 。RRI的数值通常在0到1之间,数值越高,表示肾脏血管的阻力越大,可能与肾脏损伤或功能下降相关。研究表明,RRI与肾功能指标如估计的肾小球滤过率(eGFR)和血清肌酐水平有显著相关性,能作为评估慢性肾病进展的有效工具^[3]。此外,RRI的测量相对简单且无创,适合在临床实践中广泛应用,以帮助医生早期识别肾脏损伤并进行相应的干预。

1.2 脓毒症与急性肾损伤

1.2.1 脓毒症的病理生理机制

脓毒症是一种复杂的临床综合症,通常由感染引发的机体不良反应导致器官功能障碍。其病理生理机制涉及一系列的炎症反应,包括过度的炎性细胞因子释放、内皮细胞功能障碍、微循环障碍以及细胞代谢异常等。研究表明,脓毒症的发生与机体的免疫反应密切相关,早期的炎性反应虽然有助于控制感染,但过度的反应则会导致组织损伤和器官功能衰竭。例如,脓毒症患者血清中常见的炎性标志物如C反应蛋白和前列腺素E2水平显著升高,反映出机体对感染的强烈反应^[4]。此外,脓毒症还会引发一系列的代谢紊乱,如能量代谢的改变和细胞凋亡的增加,这些都进一步加重了脓毒症的病情。因此,理解脓毒症的病理生理机制对于改善其临床管理和治疗具有重要意义。

1.2.2 脓毒症导致急性肾损伤的机制

脓毒症是急性肾损伤(AKI)的主要原因之一,其机制复杂多样。首先,脓毒症引发的全身性炎症反应导致肾脏微循环的改变,血流动力学不稳定和肾小管细胞的缺氧是导致肾损伤的直接因素^[5]。其次,炎症细胞因子的释放,如肿瘤坏死因子 α (TNF- α)和白细胞介素-6(IL-6),会导致肾小管细胞的凋亡和功能障碍^[6]。研究还发现,脓毒症相关的AKI常伴随代谢重编程现象,肾小管上皮细胞可能因能量代谢紊乱而转向依赖糖酵解,这一过程虽然短期内可能具有保护作用,但长期会导致肾脏纤维化和慢性肾病的进展。此外,肾脏在脓毒症中也可能受到氧化应激和铁死亡等机制的影响,这些机制进一步加重了肾脏损伤的程度。因此,针对脓毒症引起的AKI的预防和治疗策略应关注多种机制的干预,以降低患者的死亡率和改善预后。

1.3 肾阻力指数在脓毒症急性肾损伤评估中的应用

1.3.1 肾阻力指数的临床研究结果

肾阻力指数(RRI)作为一种评估肾脏血流动力学的重要指标,近年来在脓毒症急性肾损伤(AKI)的临床研究中得到了越来越多的关注。多项研究表明,RRI在脓毒症患者中与急性肾损伤的发生和严重程度密切相关。例如,在一项前瞻性观察研究中,RRI的值在脓毒症患者中显著高于正常人群,且RRI与肾功能指标如血清肌酐和尿量呈负相关,这表明RRI能够有效预测肾功能的下降^[7]。此外,RRI在评估脓毒症患者的预后方面也显示出良好的潜力,例如,一项研究发现,RRI值 ≥ 0.73 的患者,其需要进行肾替代治疗的风险显著增加^[8]。这些研究结果表明,RRI不仅可以作为评估脓毒症患者急性肾损伤的有力工具,还可能成为预测患者预后的重要指标。

1.3.2 肾阻力指数与传统评估指标的比较

在脓毒症急性肾损伤的评估中,尽管传统的生化指标如血清肌酐和尿量仍然是主要的诊断依据,但这些指标往往存在一定的延迟性,无法及时反映肾功能的变化。而肾阻力指数(RRI)则通过超声多普勒技术能够实时监测肾脏血流动力学状态,具有更高的敏感性和特异性。例如,研究显示RRI在预测脓毒症引起的急性肾损伤方面,其受试者工作特征曲线(ROC曲线)下面积

(AUC)可达到0.93,而传统的血清肌酐的AUC仅为0.67,这表明RRI在早期识别肾损伤方面具有明显优势^[9]。此外,RRI的变化也能反映肾脏微循环的状态,提供有关肾脏损伤机制的更多信息。这些结果表明,RRI作为一种非侵入性、实时的评估方法,能够有效补充传统评估指标,从而提高脓毒症急性肾损伤的早期诊断和管理效率。

1.4 影响肾阻力指数的因素

1.4.1 患者特征

患者的特征在肾阻力指数(RI)的评估中起着重要作用。研究显示,年龄、性别、基础疾病(如糖尿病和高血压)等因素均可能影响RI值。例如,年龄较大的患者通常表现出较高的RI,反映出肾脏血流动力学的变化,这可能与动脉硬化和肾小管功能下降有关^[10]。此外,急性肾损伤(AKI)的类型也会影响RI的解读。在重症患者中,RI在不同类型的AKI中表现出显著差异,持续性AKI患者的RI值通常较高,这提示了肾脏灌注不足的可能性。此外,患者的生理参数如平均动脉压、二氧化碳分压(PaCO₂)等也被证明与RI值相关联,这些因素在临床评估中需要被考虑,以提高RI的可靠性和准确性^[11]。

1.4.2 影像学技术的进步

影像学技术的进步为肾阻力指数的测量和解释提供了新的可能性。近年来,Doppler超声技术在肾脏血流动力学评估中的应用日益广泛,成为一种非侵入性且快速的检测手段。通过对肾动脉的血流速度进行测量能够计算出RI,从而评估肾脏的灌注状态^[3]。此外,影像学技术的改进,如高分辨率成像和实时成像技术,也提高了对肾脏微血管结构和功能变化的观察能力,从而使得RI的测量更加精确。

1.5 肾阻力指数的临床意义与未来研究方向

1.5.1 临床应用的挑战

肾阻力指数(RRI)在临床上的应用面临诸多挑战。尽管RRI被认为可以作为评估肾脏功能和血流动力学的重要指标,但在不同病理状态下的可靠性和一致性尚未得到充分验证。RRI的测量受多种因素影响,包括超声设备的类型和操作者的经验,这可能导致结果的重复性差。在慢性肾病患者中,RRI的升高与肾功能恶化、心血管事件的风险增加相关,但其具体的临床应用价值仍需进一步研究^[12]。因此,尽管RRI在肾脏和心血管疾病的研究中显示出潜力,但在其临床应用中仍需克服技术和生物标志物的局限性。

1.5.2 未来研究的建议

未来的研究应集中在提高肾阻力指数(RRI)的临床应用价值上。首先,需要开展大规模的前瞻性研究,以明确RRI在不同病理状态下的预测能力和临床相关性。例如,研究可以探讨RRI在脓毒症急性肾损伤早期预测中的作用^[13]。其次,研究者应关注RRI与其他生物标志物的联合使用,以提高其诊断和预测的准确性。例如,将RRI与肾氧饱和度(RrSO₂)结合使用,可能会增强对AKI的预测能力^[13]。此外,随着技术的发展,利用人工智能和机器学习分析RRI数据,探讨其与心血管健康、全身血流动力学的

关系,可能为未来临床提供新的视角。最后,研究者应重视RRI在不同种族、性别和年龄段中的应用差异,以确保其在全球范围内的适用性和有效性。通过这些研究,RRI有望成为评估肾脏和心血管健康的重要工具。

2 结论

肾阻力指数作为评估脓毒症急性肾损伤的新兴工具,近年来受到了广泛关注。通过对相关研究的汇总与分析,可以看出,肾阻力指数在无创性和实时性方面的优势,使其在急性肾损伤的早期识别和管理中展现出良好的应用前景。然而,尽管已有的研究结果提示肾阻力指数在临床实践中具有潜在的价值,但仍需注意其局限性,包括个体差异、测量误差及影响因素等。在平衡不同研究观点时,我们需要认识到,肾阻力指数的有效性在不同患者群体和临床情境下可能存在差异。部分研究表明,肾阻力指数与其他生物标志物结合使用,可以提高脓毒症急性肾损伤的诊断准确性。因此,未来的研究可以集中在多中心、大规模临床试验中,对肾阻力指数的临床有效性和适用性进行系统评估。同时,探索与其他诊断工具的联合应用,将有助于提高肾损伤检测的敏感性和特异性。综上所述,肾阻力指数作为评估脓毒症急性肾损伤的一种新工具,尽管还处于发展阶段,但其潜在的临床应用价值不容忽视。未来的研究应当致力于进一步验证其可靠性,探索其在实际临床中的最佳使用策略,以促进其在脓毒症急性肾损伤管理中的广泛应用,从而改善患者的预后。

[参考文献]

- [1] Sharma B, Bhateja A, Sharma R, Chauhan A, Bodh V. Acute kidney injury in acute liver failure: A narrative review. *Indian J Gastroenterol*.2024;43(2):377–86.
- [2] Mahowald M, Khayat M. Kidney Disease: Acute Kidney Injury. *FP Essent*.2021;509:11–9.
- [3] K C T, Das SK, Shetty MS. Renal Resistive Index: Revisited. *Cureus*.2023;15(3):e36091.
- [4] Cross D, Drury R, Hill J, Pollard AJ. Epigenetics in Sepsis: Understanding Its Role in Endothelial Dysfunction, Immunosuppression, and Potential Therapeutics. *Front Immunol*. 2019;10:1363.
- [5] Al-Husinat Li, Alsabbah A, Hmaid AA, Athamneh R, Adwan M, Hourani MN, et al. Norepinephrine May Exacerbate Septic Acute Kidney Injury: A Narrative Review. *J Clin Med*. 2023;12(4).
- [6] Gonzalez CA, O'Mara A, Cruz JP, Roth D, Van Rysseberghe

NL, Gardner MJ. Postoperative sepsis and septic shock after hip fracture surgery. *Injury*.2023;54(8):110833.

[7] Zhi HJ, Zhao J, Nie S, Ma YJ, Cui XY, Zhang M, et al. Semiquantitative Power Doppler Ultrasound Score to Predict Acute Kidney Injury in Patients With Sepsis or Cardiac Failure: A Prospective Observational Study. *J Intensive Care Med*. 2021; 36(1):115–22.

[8] Das PK, Maurya SK, Nath SS, Kumar T, Rao N, Shrivastava N. Furosemide Stress Test and Renal Resistive Index for Prediction of Severity of Acute Kidney Injury in Sepsis. *Cureus*.2023;15(8):e44408.

[9] Saade A, Bourmaud A, Schnell D, Darmon M. Performance of Doppler-Based Resistive Index and Semiquantitative Renal Perfusion in Predicting Persistent Acute Kidney Injury According to Operator Experience: Post Hoc Analysis of a Prospective Multicenter Study. *Crit Care Med*.2022;50(4):e361–e9.

[10] Dixon AJ, Osei-Owusu P. Elastin haploinsufficiency accelerates age-related structural and functional changes in the renal microvasculature and impairment of renal hemodynamics in female mice. *Front Physiol*.2023;14:1141094.

[11] Ruiz S, Vardon-Boune F, Virtos M, Seguin T, Crognier L, Rouget A, et al. Influence of arterial blood gases on the renal arterial resistive index in intensive care unit. *J Transl Med*. 2023;21(1):541.

[12] Darabont R, Mihailescu D, Vinereanu D. Current Insights into the Significance of the Renal Resistive Index in Kidney and Cardiovascular Disease. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(10).

[13] Shen H, Na W, Li Y, Qu D. The clinical significance of renal resistance index (RRI) and renal oxygen saturation (RrSO₂) in critically ill children with AKI: a prospective cohort study. *BMC Pediatr*.2023;23(1):224.

作者简介:

丁红(1998—),女,汉族,四川自贡人,在读硕士,住院医师,从事重症医学相关研究。

*通讯作者:

张坤(1976—),女,汉族,河北保定人,硕士研究生导师,副主任医师,从事重症医学相关研究。