Advances in Clinical Medicine 临床医学进展, 2025, 15(3), 1780-1786
Published Online March 2025 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/acm
https://doi.org/10.12677/acm.2025.153805

Hans汉斯

NICaS与其他血流动力学监测技术的对比分析及应用研究

樊星星[1,2]，员峰莉[1,2]，牛晓琳[2*]

[1]西安医学院研究生院，陕西 西安
[2]空军军医大学唐都医院心血管内科，陕西 西安

收稿日期：2025年2月19日；录用日期：2025年3月12日；发布日期：2025年3月19日

摘　要

目前，尽管有机械循环支持及血运重建等技术不断发展并应用于临床，但很多难治性危重疾病仍保持较高的死亡等不良事件风险。无创全身阻抗心输出量监测系统(NICaS)是一种新型血流动力学导航仪，可连续准确地进行心功能和循环血量监测，帮助医生进行容量管理及药物调整等，不仅可以减少心衰、肺水肿及死亡的发生，还可以有效降低机械通气事件，提高患者生存率。其价值不仅在心血管系统中得到证实，在其他各系统中的应用也得到了充分肯定。本文综述了NICaS在心血管疾病及其他各系统相关研究中的应用及进展。

关键词

无创全身阻抗心输出量监测系统，血流动力学，心血管疾病，急危重症

Comparative Analysis and Application of NICaS and Other Hemodynamic Monitoring Techniques

Xingxing Fan[1,2], Fengli Yuan[1,2], Xiaolin Niu[2*]

[1]Graduate School, Xi'an Medical College, Xi'an Shaanxi
[2]Department of Cardiology, Tangdu Hospital, Air Force Medical University, Xi'an Shaanxi

Received: Feb. 19th, 2025; accepted: Mar. 12th, 2025; published: Mar. 19th, 2025

Abstract

At present, despite the continuous development and clinical application of mechanical circulatory

*通讯作者。

文章引用: 樊星星, 员峰莉, 牛晓琳. NICaS 与其他血流动力学监测技术的对比分析及应用研究[J]. 临床医学进展, 2025, 15(3): 1780-1786. DOI: 10.12677/acm.2025.153805

support and revascularization technologies, many refractory critical diseases still maintain a high risk of adverse events such as death. Noninvasive Cardiac System (NICaS) is a new hemodynamic navigation device, which can continuously and accurately monitor cardiac function and circulating blood volume, help doctors to carry out volume management and drug adjustment, etc., which can not only reduce the occurrence of heart failure, pulmonary edema and death, but also effectively reduce mechanical ventilation events and improve patient survival. Its value has been confirmed not only in the cardiovascular system, but also in other systems. This article reviews the application and progress of NICaS in cardiovascular diseases and other system-related studies.

Keywords

Noninvasive Cardiac System, Hemodynamics, Cardiovascular Diseases, Critical Illness

Copyright © 2025 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

无创全身阻抗心输出量监测系统(Noninvasive Cardiac System, NICaS)是一种新型血流动力学导航仪，利用生物阻抗原理对心输出量及其衍生物进行无创测量。通过把 2 个专用电极片分别放置在患者对侧手腕和脚踝(手腕内侧桡动脉上方和/或内踝胫后动脉上方)，将交流电(30 kHz, 1.4 mA)通过 2 个电极输入到患者体内，测量生物阻抗及其随时间的波动，根据不同器官组织电阻不同，记录体内液体的分布情况，必要时连接 3 导联心电图以监测脉搏变化。在监测初期，将患者年龄、性别、体重、身高及血压输入仪器，后每 20 秒会计算一组参数，在 1 分钟监测期间内连续获得 3 次监测值，取其平均值作为患者的 NICaS 数值。该技术可连续准确的进行心功能和循环血量监测，帮助临床医生进行容量管理、及时调整血管活性药物，不仅可以减少心衰、肺水肿及死亡的发生，还可以有效降低机械通气事件，提高患者生存率。

2. NICaS 与其他血流动力学方法的比较

血流动力学参数是心脏和危重症患者液体管理的重要参考。据文献报道[1]，在评估不同监测指标的研究中，20%的血流动力学管理(如液体管理、儿茶酚胺或利尿剂)均参考血流动力学监测值进行决策或调整。因此，快速无创地监测血流动力学参数可帮助医生进行临床评估，改善患者预后。监测该参数的技术大致可分为有创(包括热稀释法等)、微创(包括脉搏轮廓分析、部分气体再呼吸、经食管超声心动图等)和非侵入性(包括胸腔阻抗法、光电体积描记法和生物阻抗心动图等)。

2.1. NICaS 与热稀释法

热稀释法(Thermodilution Method, TD)基于向患者体内注射一定量低温液体，通过分析温度–时间变化曲线计算心输出量(Cardiac Output, CO)。尽管争议不断，但侵入性 Swan-Ganz 肺动脉导管插入(Pulmonary Artery Catheterization, PAC)热稀释技术仍被认为是金标准。然而，对于急需诊断和管理的急危重症患者，迫切需要一种无创经济且准确实用的技术来监测该类人群的血流动力学，而 NICaS 作为一种新型无创监测技术表现出了不可或缺的价值。

为评估 NICsS 监测肺动脉高压(Pulmonary Hypertension, PH)患者血流动力学的可靠性，Taniguchi Y 等人[2]调查了 65 例连续接受右心导管插入术(Right Cardiac Catheterization，RHC，诊断 PH 的金标准)的患者，其中 2/3 患有肺动脉高压，另外 1/3 患有慢性血栓栓塞性 PH。研究者分别用 NICaS 和 TD 监测患

者 CO，发现两者具有较强相关性，认为 NICaS 监测 CO 是评估 PH 的有用工具。另有 Bhavya G 等人[3]设计了一项前瞻性观察性临床研究，旨在对比 NICaS 和 TD 监测心脏术后患者 CO 和心脏指数(Cardiac Index, CI)的准确性，研究招募了 23 名接受冠状动脉旁路移植术的成年患者，均于不同时间间隔同时进行两种仪器监测，直到患者脱离机械通气，同样证明了 NICaS 可准确监测 CO 和 CI，且 NICaS 与 TD 所得的 CO 和 CI 具有良好的相关性。

2.2. NICaS 与脉搏指示连续心输出量监测

脉搏指示连续心输出量监测(Pulse Indicator Continous Cadiac Output, PiCCO)是将经肺热稀释技术和动脉搏动曲线分析技术相结合，采用 TD 测量单次 CO，并通过分析动脉压力波形曲线下面积与 CO 的相关关系，获取 CO、每搏量(Stroke Volume, SV)和每搏变异指数(Stroke Variation Index, SVV)，以达到多数据联合应用监测血流动力学变化的目的。

为研究 NICaS 和 PiCCO 的相关性，郭芳等人[4]前瞻性纳入了 197 例脓毒症患儿，根据血流动力学监测方法分为 A 组(同时行 PiCCO 和 NICaS 监测)和 B 组(单纯 NICaS 监测)，发现在脓毒症患儿中，NICaS 与 PiCCO 所得 CI 及 SVV 具有较好的一致性，NICaS 可为该类患儿提供简单无创、连续可靠的血流动力学监测。另一项研究中，Gao X 等人[5]为探讨 NICaS 在急性重度农药中毒患者血流动力学中的临床指导价值，入组了 200 例 2017 年 1 月至 2019 年 8 月入住哈里森国际和平医院的重度急性有机磷农药中毒(Acute Organophosphorus Pesticide Poisoning, AOPP)或中度急性百草枯中毒(Acute Paraquat Poisoning, APP)患者，将其随机分为 NICaS 组(n = 68)、PiCCO 组(n = 67)和经验性治疗组(n = 65)，分析相关数据发现与经验组相比，另外两组 AOPP 和 APP 死亡率均较低；此外，该组研究人员同时前瞻性收录了 102 例中重度 APP 患者的临床资料[6]，随机分为 NICaS 组(n = 36)、PiCCO 组(n = 32)和经验治疗组(n = 34)，分析并结合以上结果，研究者认为 NICaS 可有效监测急性农药中毒患者的血流动力学指标。

2.3. NICaS 与超声心动图

在急性心血管护理协会和 ESC 心力衰竭协会急性心力衰竭委员会编写小组的专家共识文件中[7]，已经明确证明超声(Ultrasound, UCG)在正确评估充血和心脏血流动力学中的作用，但 UCG 尚且无法评估全身液体总量(Total Body Water, TBW)和外周血管总阻力(Total Peripheral Vascular Resistance, TPR)。

为明确 NICaS 和 UCG 监测血流动力学的相关性，吴文燊等人[8]对 30 例新生儿同时使用 NICaS 和 UCG 监测 CO；另有陈朴等人[9]对 138 例 ICU 危重症患者同时应用以上两种方法监测 CO，最终均证实两种方法所得 CO 一致性良好，且 NICaS 更简便经济。除对于 CO 的监测外，Germain MJ 等人[10]对 17 名接受血液透析(Hemodialysis, HD)治疗的患者分别于每次治疗的第 1 和最后 1 小时进行 NICaS 和 UCG 监测，分析后发现两者所得 SV 同样具有良好的一致性，NICaS 是 HD 期间 SV 实用的监测方法。这两种无创监测方法，还被应用于脓毒症人群，有研究[11] [12]收录了健康成人(n = 30)及脓毒症患者(n = 46)的临床资料，发现与 UCG 相比，NICaS 不但同样准确地测出健康者及脓毒症者的 CO 和 SV，而且 NICaS 独有的反应左室收缩功能的格兰夫－高尔指数(Granff-Gower Index, GGI)与左室射血分数(Left Ventricular Ejection Fraction, LVEF)呈正相关。

3. NICaS 在各系统中的应用

目前 CO 评估是高级血流动力学管理的基石，NICaS 作为一种新型无创经济的 CO 监测技术，尽管已在多个系统和科室中得到了较为广泛的应用，但大多用途仍集中在研究领域。以下是对 NICaS 在各系统中应用的汇总。

3.1. NICaS 在心血管系统中的应用

随着科技进步和人们生活习惯的改变，心血管疾病正在以迅雷之势威胁着人类健康。急性心肌梗死(Acute Myocardial Infarction, AMI)等心血管急危重症不仅发病率和死亡率持续不降，还时常伴有各种严重并发症，如急性心力衰竭(Acute Heart Failure, AHF)，对于该人群，早期明确诊断及液体管理显得尤为重要。

为验证 NICaS 在 AHF 中的效用，研究者[13]设计了一项前瞻性双盲队列研究，入组了 122 例充血性心力衰竭(Congestive Heart Failure, CHF)患者，分别于 RHC 期间(n = 40)、接受冠状动脉搭桥术(n = 51)及加重治疗期间(n = 31)进行 NICaS 和 TD 监测，发现 NICaS 可准确监测出不同治疗期间 CHF 患者 CO 和 CI 的变化，研究者认为 NICaS 可在广泛心脏临床情况下快速且精准地监测 CO。另有 Anshory M 等人[14]为评估 NICaS 对急诊科不同人种 AHF 者预后的预测价值，将急诊科确诊为 AHF 的患者分为 A 组(n = 40，来自意大利的白种人)和 B 组(n = 71，来自印度尼西亚和新加坡的亚洲人)，发现在 A 组中，AHF 者到达急诊室时的 NICaS 数据可预测住院时间，能随时记录并观察各项指标变化并了解 HF 程度，且 NICaS 所得 TBW 与 NYHA 及 CCS 分级正相关，可帮助医生选择合适的治疗方法，以预防血流灌注不足、指导液体管理并减少住院时间；此外，该研究者还发现 NICaS 评价 AHF 者血流动力学和充血可增强诊断、定制管理计划、对风险进行分层并预测白种人和亚洲患者的结局。

众所周知，高血压是一种常见的严重危害人类健康的疾病，我国高血压患病率呈上升趋势，且控制水平远未达到预期标准。有效控制高血压，可明显减少对主要脏器的损害及并发症的发生。平鑫等人[15][16]将 200 例高血压患者随机分为实验组(n = 100，应用 NICaS 指导降压药物选择)和对照组(n = 100，按常规原则选择药物)，分析后认为应用 NICaS 指导高血压的药物治疗在血压控制方面优于传统方式，且并发症发生率更低。

除 AHF 和高血压外，NICaS 还应用于心血管系统其他疾病。郭龙哲等人[17]入组了 120 例接受 PCI 治疗的 AMI 患者，随机分为实验组(应用 NICaS 监测血流动力学，精准指导 AHF 预防及治疗用药)和对照组(常规制定 AMI 患者 PCI 术后治疗方案)，分析发现 NICaS 对患者心脏功能及容量可进行更准确及系统的评估，显著改善了患者术后 7 天及术后半年的心脏功能，提高了整体疗效，为及时防治 AHF 提供新的理论依据。康磊等人[18]入组了爆发性心肌炎(Fulminant Myocarditis, FM)患儿 39 例，随机分为 A1 组(n = 21，参照 NICaS 制定治疗方案)和 A2 组(n = 18，参照经胸超声心动图制定治疗方案)，证实了两种方法对 FM 患儿 CI 一致性良好，可为该人群提供简单可靠的血流动力学监测，改善预后。Grinberg T 等人[19]收录了 97 例因重度主动脉瓣狭窄(Aortic Stenosis, AS)行经导管主动脉瓣植入术(Transcatheter Aortic Valve Implantation, TAVI)患者的临床资料，应用 NICaS 评估患者血流动力学变化(TAVI 之前、TAVI 后不久、出院时、随访期间)，观察到 TAVI 术后不久使用 NICaS 在 AS 患者中独特的短期适应性血流动力学变化，认为 TAVI 术后立即进行 NICaS 评估有助于了解复杂的血流动力学变化。除此之外，为证明生物阻抗装置可监测部分血流动力学参数早期应激后的变化，以作为严重缺血的潜在标志，Goldkorn R 等人[20]前瞻性入组了 198 例进行临床指征的心肌灌注成像(Myocardial perfusion imaging, MPI)患者，于运动前后立即行 NICaS 监测，通过 MPI 将静息和应激血流动力学参数的差异与心肌缺血的严重程度比较，研究表明 NICaS 所得部分血流动力学参数应激后的立即变化可作为单光子发射计算机断层扫描 MPI 的重要辅助手段，用于早期监测心肌缺血。另外，Rafaeli Rabin R 等人[1]还证实了 NICaS 可以通过实时监测血流动力学从而评估早产儿是否存在动脉导管未闭。

3.2. NICaS 在其他系统中的应用

除了在心血管系统，NICaS 在其他系统中也有所应用。

对于危重患者，孙志辉等人[21]入组了 66 例危重患者，均匀分成院内 A 组(n = 33，NICaS 指导液体

管理)和院内 B 组(n = 33，常规方法指导液体管理)，最终得出结论：应用 NICaS 指导危重患者液体管理可减少并发症及死亡率，极大改善患者生存。

在急性中毒中，宁文龙等人[22] [23]选取了 33 例急性有机磷中毒给予机械通气的患者，随机分为研究组(n = 15，NICaS 监测)和对照组(n = 18，无 NICaS 监测)，得出结论：NICaS 应用于急性有机磷农药中毒时，不仅对鉴别肺水肿和 HF 具有诊断意义，还对指导阿托品在该类患者的使用剂量上有指导意义。

对于脓毒症休克，李立方等人[24]选取河北省儿童医院急性白血病脓毒症休克患儿 49 例，分为对照组(n = 26，UCG 监测下治疗)和观察组(n = 23，NICaS 指导治疗)，分析后得出结论：白血病脓毒症休克患儿抢救治疗中，用 NICaS 监测患儿心功能及血容量变化有利于规范容量管理及血管活性药物使用，改善血流动力学，减少并发症，提高抢救成功率。另有研究者[25]收集了 65 例脓毒症休克患者的临床资料，随机分为 NICaS 组(n = 33，常规复苏联合 NICaS 指导液体复苏)和对照组(n = 32，常规液体复苏)，最终认为 NICaS 指导下的液体复苏可有效改善微循环灌注和血流动力学，降低病死率。

对于感染性休克，研究人员[12]前瞻性录入 96 例感染性休克患者，据 28 天临床结局分为存活组(n = 64)和死亡组(n = 32)，存活组 CI、GGI 和总外周阻力指数(Total Peripheral Resistance Index, TPRI)较死亡组明显增高，且多巴酚丁胺负荷下 ΔCI 是该类患者存活的独立预测因子、ΔTPRI 是死亡的独立预测因子，研究认为 ΔCI 和 ΔTPRI 是预测感染性休克预后的重要指标。

对于机械通气，研究者[26]收集了 60 例老年腹部手术后机械通气患者的临床资料，随机分为对照组(传统补液原则补液)和试验组(NICaS 指导补液)，研究表明 NICaS 可帮助老年腹部术后机械通气患者改善氧合指数，减少机械通气时间，缩短住院时间。

在近年新型疾病 COVID-19 患者中，Zabeeda W 等人[27]回顾性分析了相关数据，发现 NICaS 不仅可简单有效地评估该类患者血流动力学变化，还可通过远程监测指导临床管理。

另有在剖腹产中，Çavuş Z 等人[28]前瞻性收录了 95 例该患者，发现 NICaS 可分别于剖宫产术前、术中和术后监测血流动力学，有助于医生更准确的评估该类患者的心脏功能。且无症状的轻微左室收缩功能障碍也可以被 NICaS 技术准确监测，对于早期发现左室功能不全有重要意义。

4. 总结和展望

NICaS 作为一种新型无创血流动力学监测技术，其价值不仅在心血管系统中得到证实，在其他各系统中的应用也得到了充分肯定。但由于 NICaS 通过中国海关标准不足 8 年[22]，使用时间短，并且受其他因素影响，需进一步完善应用标准，熟练掌握该技术的使用。除 NICaS 外，利钠肽、PiCCO 及 UCG 等技术相辅相成，综合应用多种方法不仅有利于治疗决策及患者管理，还可提供更多科学数据，指导临床实践。

基金项目

国家自然科学基金面上项目(82370251)；陕西省重点研发项目(2022SF-600)。

参考文献

[1] Rafaeli Rabin, R., Rosin, I., Matitiau, A., Simpson, Y. and Flidel-Rimon, O. (2020) Assessing Patent Ductus Arteriosus (PDA) Significance on Cardiac Output by Whole-Body Bio-Impedance. *Pediatric Cardiology*, **41**, 1386-1390. https://doi.org/10.1007/s00246-020-02380-5

[2] Taniguchi, Y., Emoto, N., Miyagawa, K., Nakayama, K., Kinutani, H., Tanaka, H., *et al*. (2013) Noninvasive and Simple Assessment of Cardiac Output and Pulmonary Vascular Resistance with Whole-Body Impedance Cardiography Is Useful for Monitoring Patients with Pulmonary Hypertension. *Circulation Journal*, **77**, 2383-2389.

https://doi.org/10.1253/circj.cj-13-0172

[3] Singh, N., Bhavya, G., Nagaraja, P., Ragavendran, S., Sathish, N., Manjunath, N., *et al*. (2020) Comparison of Continuous Cardiac Output Monitoring Derived from Regional Impedance Cardiography with Continuous Thermodilution Technique in Cardiac Surgical Patients. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, **23**, 189-192. https://doi.org/10.4103/aca.aca_1_19

[4] 郭芳. 基于 pSOFA 评分儿童脓毒症预后的预测模型建立及应对策略[D]: [博士学位论文]. 石家庄: 河北医科大学, 2023.

[5] Gao, X., Chen, M.L., Wang, Y.F., *et al*. (2020) The Role of Noninvasive Hemodynamic Monitoring in the Evaluation of Acute and Severe Pesticide Poisoning. *Chinese Journal of Industrial Hygiene and Occupational Diseases*, **38**, 881-885. https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121094-20190829-00358

[6] 高珣, 王玉凤, 肖青勉, 等. 无创血流动力学监测在急性百草枯中毒病情评估中的作用[J]. 实用医学杂志, 2020, 36(21): 2947-2952.

[7] Platz, E., Jhund, P.S., Girerd, N., Pivetta, E., McMurray, J.J.V., Peacock, W.F., *et al*. (2019) Expert Consensus Document: Reporting Checklist for Quantification of Pulmonary Congestion by Lung Ultrasound in Heart Failure. *European Journal of Heart Failure*, **21**, 844-851. https://doi.org/10.1002/ejhf.1499

[8] 吴文燊, 何晓光, 林淑莲, 等. 阻抗法与多普勒超声心动图法测量新生儿心输出量一致性研究[J]. 实用休克杂志(中英文), 2018, 2(3): 166-168.

[9] 陈朴, 章云涛, 方强. 无创心输出量监测在危重病监护中的应用[J]. 中国实用内科杂志, 2004(10): 601-602.

[10] Germain, M.J., Joubert, J., O'Grady, D., Nathanson, B.H., Chait, Y. and Levin, N.W. (2017) Comparison of Stroke Volume Measurements during Hemodialysis Using Bioimpedance Cardiography and Echocardiography. *Hemodialysis International*, **22**, 201-208. https://doi.org/10.1111/hdi.12589

[11] 朱妍, 吉猛, 袁晓伟, 等. NICaS 监测下多巴酚丁胺负荷试验中感染性休克患者血流动力学变化与预后的关系[J]. 中国急救医学, 2020, 40(9): 858-863.

[12] 朱妍. NICaS 用于脓毒症患者心功能监测的临床研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 第二军医大学, 2018.

[13] Cotter, G., Moshkovitz, Y., Kaluski, E., Cohen, A.J., Miller, H., Goor, D., *et al*. (2004) Accurate, Noninvasive Continuous Monitoring of Cardiac Output by Whole-Body Electrical Bioimpedance. *Chest*, **125**, 1431-1440. https://doi.org/10.1378/chest.125.4.1431

[14] Anshory, M., Kuan, W.S., Rohman, M.S., Waranugraha, Y., Kamila, P.A., Iskandar, A., *et al*. (2024) Can Non-Invasive Cardiac Hemodynamics and Fluid Content System (NICaS) Parameters Predict Acute Heart Failure Outcomes in Caucasian and Asian Patients in the Emergency Department? *Advances in Medical Sciences*, **69**, 81-89. https://doi.org/10.1016/j.advms.2024.02.005

[15] 平鑫, 李纪, 于涵涛, 等. 阻抗心输出量监测系统在高血压治疗中的应用研究[J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2018, 39(5): 562-564.

[16] 平鑫. 阻抗心输出量监测系统在高血压治疗中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2018.

[17] 郭龙哲, 宁文龙, 刘飞, 等. 阻抗心输出量监测系统在 AMI 患者 PCI 术后的应用研究[J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2020, 41(13): 1643-1645.

[18] 康磊, 郭芳, 白新凤, 等. 无创心输出量监测在暴发性心肌炎患儿中的应用[J]. 河北医科大学学报, 2023, 44(1): 81-85+90.

[19] Grinberg, T., Aviv, Y., Vaturi, M., Perl, L., Wiessman, M., Vaknin-Assa, H., *et al*. (2023) Noninvasive Hemodynamic Evaluation Following TAVI for Severe Aortic Stenosis. *Journal of the American Heart Association*, **12**, e028479. https://doi.org/10.1161/jaha.122.028479

[20] Goldkorn, R., Naimushin, A., Rozen, E. and Freimark, D. (2020) Early Post-Stress Decrease in Cardiac Performance by Impedance Cardiography and Its Relationship to the Severity and Extent of Ischemia by Myocardial Perfusion Imaging. *BMC Cardiovascular Disorders*, **20**, Article No. 354. https://doi.org/10.1186/s12872-020-01639-2

[21] 孙志辉, 杨伟, 王敏, 等. NICaS 用于危重患者液体管理的应用效果观察分析[J]. 婚育与健康, 2023, 29(6): 187-189.

[22] 宁文龙. 阻抗容量监测仪(NICaS)在急性乐果中毒给予机械通气治疗患者中的临床研究[Z]. 齐齐哈尔市第一医院, 2017-02-09.

[23] 宁文龙, 李纪, 贾冰, 等. 阻抗容量监测仪(NICaS)在急性乐果中毒给予机械通气治疗患者中的临床研究[J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2016, 37(25): 3140-3141.

[24] 李立方. 无创全身阻抗心输出量监测系统在急性白血病儿童脓毒症休克治疗中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北医科大学, 2023.

[25] 关红, 杜俊凯. NICaS 监测脓毒症休克患者体液复苏的应用及对微循环、血流动力学的影响[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2021, 16(11): 1262-1265.

[26] 张岚, 赵华栋, 贺武斌, 等. NICaS 在老年腹部术后机械通气患者中的应用[J]. 锦州医科大学学报, 2021, 42(3): 78-82.

[27] Zabeeda, W., Cohen, J.B., Reiner Benaim, A., Zarour, S., Lichter, Y., Matot, I., *et al*. (2024) Utility of NICaS Non-Invasive Hemodynamic Monitoring in Critically Ill Patients with Covid-19. *Journal of Clinical Medicine*, **13**, Article 2072. https://doi.org/10.3390/jcm13072072

[28] Çavuş, Z., Vahapoğlu, A., Türkmen, Ü.A., Gencer, F.K. and Yıldız, E. (2023) Comparing Elective and Emergency Caesarean Section by Using Bioimpedance Method. *Archives of Gynecology and Obstetrics*, **309**, 2633-2641. https://doi.org/10.1007/s00404-023-07166-7