

DOI: 10.3969/j.issn.2096-6113.2024.04.017

引用格式:刘延雯,高静.危重症患者血糖管理研究进展[J].巴楚医学,2024,7(4):119-123.

# 危重症患者血糖管理研究进展

刘延雯 高静

(新疆医科大学第五附属医院内分泌科,新疆乌鲁木齐 830011)

**摘要:**危重症患者入院时由于机体处于应激状态,大量细胞因子释放和神经内分泌紊乱常常引起应激性高血糖(SIH),造成患者水、电解质和酸碱平衡紊乱,感染风险增加。临床上首选持续静脉输注胰岛素控制血糖,然而不当使用胰岛素治疗可导致低血糖。患者血糖波动增加血糖变异性(GV),加重氧化应激诱导炎症反应,使危重症患者的自身免疫调节系统和血管内皮功能产生破坏,加重患者病情,威胁患者生命。综上所述,危重症患者进行血糖管理至关重要。本篇论文主要探讨了血糖水平对危重症患者预后的影响,阐述了其发生机制,并总结了血糖管理的最新研究成果,旨在为危重症患者的血糖管理提供参考依据。

**关键词:**危重症患者; 血糖管理; 高血糖; 低血糖; 血糖变异性

**中图分类号:**R587.2 **文献标志码:**A **文章编号:**2096-6113(2024)04-0119-05

## Progress in Glycaemic Management in Critically Patients

Liu Yanwen Gao Jing

(Department of Endocrinology, The Fifth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China)

**Abstract** When patients are admitted to the hospital in critical condition, their bodies undergo stress which leads to the release of a large number of cytokines and neuroendocrine disorders. This often causes stress-induced hyperglycemia (SIH). SIH can result in disturbances in water, electrolyte, and acid-base balance, as well as an increased risk of infection. Continuous intravenous insulin infusion is commonly recommended in clinical practice to regulate blood glucose levels. However, improper use of insulin therapy may lead to hypoglycemia. Blood sugar fluctuations in patients can increase glycaemic variability (GV) and exacerbate oxidative stress-induced inflammatory responses. This can cause damage to the immune system and vascular endothelial function in critically patients, posing a threat to their lives. In summary, glycaemic management is crucial for critically patients. This review summarizes the latest advances in glycaemic management in critically patients, mainly from the impact and mechanism of glycaemia on the prognosis of critically patients, and glycaemic management measures. The objective is to provide a reference for the management of blood glucose in critically patients.

**Keywords** critical patients; blood glucose management; hyperglycemia; hypoglycemia; glycaemic variability (GV)

危重症患者住院期间在创伤、手术、低氧血症、感染等各种应激下容易存在高糖状态合并胰岛素抵抗, 出现应激性高血糖(stress-induced hyperglycemia, SIH),至少50%患者在入院48小时内出现SIH<sup>[1]</sup>。

**基金项目:**新疆维吾尔自治区科技计划项目(No: 2021D01C436)

**作者简介:**刘延雯,女,硕士在读,主要从事糖尿病和血糖管理相关研究。E-mail: awenew@163.com

**通信作者:**高静,女,博士,主任医师,主要从事糖尿病和血糖管理相关研究。E-mail: gaojing1110@126.com

高血糖可增加机体炎症反应,使患者感染率及死亡率升高<sup>[2]</sup>。由于强化胰岛素治疗(intensive insulin therapy, IIT)、肝肾功能衰竭、长期肾脏替代治疗等原因,18%~65%危重症患者可能出现低血糖<sup>[3]</sup>。严重低血糖可导致患者昏迷、偏瘫或癫痫发作,最终导致神经功能永久性障碍。而忽高忽低的血糖变化又增加危重症患者血糖变异性(glycemic variability, GV),高GV可使氧化应激标志物增加,破坏血管内皮细胞和自身免疫系统,威胁患者生命<sup>[4]</sup>。

因此危重症患者血糖管理至关重要,本篇综述主要围绕血糖对危重症患者预后影响及其机制和血糖管理措施展开,为危重症患者血糖管理提供参考依据。

## 1 血糖对危重症患者预后影响及机制

### 1.1 高血糖

SIH一般定义为入院后两次或多次测量空腹血糖 $\geq 7.0$  mmol/L或随机血糖 $\geq 11.1$  mmol/L,测定糖化血红蛋白(hemoglobin A1c, HbA1c)有助于区别SIH患者和入院前即有血糖代谢异常的患者,前者大多数HbA1c $< 6.5\%$ ,后者HbA1c $> 6.5\%$ <sup>[3]</sup>。危重症患者为了适应体内急剧变化可出现神经内分泌失调,分泌大量升糖激素诱导糖异生和糖原分解、抑制外周组织摄取葡萄糖;另外,免疫功能亢进导致炎症介质增多,诱导产生胰岛素抵抗,最终导致SIH<sup>[5]</sup>。叉头框蛋白O转录因子可靶向调控糖异生途径限速酶表达促进糖异生,调节胰岛素样生长因子结合蛋白增加肝脏胰岛素抵抗<sup>[1]</sup>。未来可通过修饰该转录因子使其无法进入细胞核,进而抑制糖异生基因的转录调控,减少SIH。

若高血糖未得到有效控制会触发蛋白激酶C激活增加活性氧(reactive oxygen species, ROS)产生,降低一氧化氮扩血管功能并产生大量血管收缩物质,增加心脑血管疾病风险<sup>[4]</sup>。最新研究<sup>[6-7]</sup>使用应激性血糖升高比值(stress hyperglycemia ratio, SHR)研究SIH对危重症患者预后影响,发现低水平和高水平SHR均与死亡率升高有关,尤其对于缺血性脑卒中(acute ischemic stroke, AIS)患者而言,这提示神经系统疾病患者更易受到高血糖影响产生不良预后。一项动物实验发现<sup>[8]</sup>,在大脑中动脉闭塞小鼠同侧大脑中过表达乙二醛酶1(glyoxalase 1, GLO1)基因可显著改善急性血糖升高小鼠神经功能损伤程度,这提示,上调GLO1可能是未来改善AIS合并SIH患者神经功能缺陷的潜在治疗策略。

### 1.2 低血糖

当血糖降低 $< 2.8$  mmol/L(糖尿病患者 $< 3.9$  mmol/L),并伴有相应体征和症状时,称为低血糖症<sup>[3]</sup>。在危重症患者中,相对低血糖定义为患者血糖较入院前降低 $\geq 30\%$ 或入院前HbA1c $\geq 8.0\%$ 的患者血糖降至 $3.9\sim 6.1$  mmol/L<sup>[9]</sup>。目前普遍认为,相对低血糖是指对低血糖浓度的感知和反应阈值高于绝对低血糖,低血糖浓度生理感知阈值通常为 $2.8\sim 3.4$  mmol/L,糖尿病患者可能更高,这意味着危重症糖尿病患者更容易受到相对低血糖的伤害<sup>[10]</sup>。但目前大部分危重症患者血糖管理研究并未考虑相对性低血糖,临床工作中往往也容易忽略这个“隐形杀手”的危害。

危重症患者出现低血糖的原因主要包括肾脏透析、胰岛素治疗、使用正性肌力药物、机械通气、脓毒血症、脑损伤、一年内发生过低血糖等<sup>[11-12]</sup>。机体出现低血糖时首先开启保护机制升高血糖,但随病情发展胰高血糖素释放受损,交感肾上腺素反应激活,肾上腺素水平降低,此时患者容易出现严重低血糖<sup>[3]</sup>。

反复发作的低血糖会加剧慢性高血糖引起的氧化应激和炎症,导致大脑区域受损,造成神经不可逆转的损伤<sup>[13]</sup>。低血糖还可通过白细胞激活、血管收缩以及炎症介质和细胞因子释放增加病死率,发生分布性休克的死亡危险比例也更高<sup>[14]</sup>。

### 1.3 血糖变异性

GV体现一定时间血糖的波动程度,血糖水平在其高峰和低谷之间变化的不稳定状态<sup>[15]</sup>。血糖波动相较于持续单一的高血糖更容易引起氧化应激,通过调节ROS介导的核因子 $\kappa$ B/糖基化终末产物受体激活引起血管内皮损伤<sup>[14]</sup>。

HbA1c反映患者近3月血糖控制水平,但无法反映短期血糖波动及低血糖发生次数,相似HbA1c的患者可能因为短时间血糖波动幅度不同而导致不同预后,可以通过频繁连续测量血糖评估GV克服HbA1c在血糖管理中的局限性<sup>[4]</sup>。2006年Egi等<sup>[16]</sup>第一次使用标准差和变异系数评估GV,发现它们可作为危重症患者死亡的独立预测指标,以此提出GV是血糖管理的重要方面,随后研究得出相同结论<sup>[17-18]</sup>。Fong等<sup>[19]</sup>和Ma等<sup>[20]</sup>研究发现,GV与死亡率之间的关联因糖尿病状态而异,前者还发现非糖尿病患者相较于糖尿病患者更易受到GV的影响。这种差异可能是糖尿病患者长期体内血糖代谢失调对血糖波动产生耐受性,机体形成保护机制从而降低血糖波动对自身的伤害。

目前尚无评估GV的统一标准,一项荟萃分

析<sup>[21]</sup>采用推荐等级的评估、制定和评价方法总结 GV 指标,包括基于波动幅度的指标如血糖标准差、血糖变异系数、血糖不稳定指数和平均血糖偏移幅度,以及基于时间的指标如平均绝对血糖、非趋势波动分析和葡萄糖目标范围内时间(time in range, TIR)。各种指标计算方法各异,由于医护人员需要及时掌握患者血糖波动情况,所以较容易计算的指标更适合在重症监护室(intensive care unit, ICU)使用,同时还需进一步明确该指标用于判断危重症患者预后的最佳适用范围。

## 2 危重症患者血糖管理措施

### 2.1 血糖测量方法

新入院和正在接受持续胰岛素治疗的危重症患者血糖监测间隔时间应 $\leq 1$ 小时,当血糖水平和胰岛素注射稳定后,可将间隔时间增加到每 2~4 小时。如果出现低血糖,则应每 15 分钟监测一次血糖,直到血糖水平达到稳定,监测血糖的优先采样血管为:动脉>静脉>毛细血管<sup>[3]</sup>。危重症患者大多无法频繁抽取静脉血,所以常使用指尖血糖仪和血气分析仪监测血糖。由于严重水肿、贫血、休克、升压药物使用等原因,指尖血糖仪检测毛细血管测量血糖会产生误差<sup>[22]</sup>。Arias-Rivera 等<sup>[23]</sup>通过系统文献检索得出,动脉血气分析仪更适用于血流动力学不稳定且需要强化血糖监测的患者,具有快速、方便、准确性高的特点。以上均为间歇性血糖监测,而连续血糖监测(continuous glucose monitoring, CGM)通过检测皮下组织间液血糖浓度,更容易确定全天葡萄糖浓度变化趋势<sup>[24]</sup>。CGM 参数<sup>[25]</sup>包括 24 h 平均血糖值、平均血糖波动幅度、血糖标准差以及 TIR 等指标。TIR 为近年来新纳入血糖监测的指标。Wang 等<sup>[26]</sup>使用 14 天 CGM 连续监测血糖发现危重症患者 TIR 血糖范围上限可能为 10.5 mmol/L,当血糖超过该上限与院内死亡风险增加显著相关,但未来仍需更多随机对照试验确定超过该阈值是否会增加死亡风险。

尽管目前有证据表明 CGM 有益处,但危重症患者由于缺氧、低体温、静脉输液、升压药物使用、肠内外营养可能导致葡萄糖变化率增快<sup>[27]</sup>。另外 CGM 设备成本高、操作复杂、不同设备参数等原因,目前并未能在 ICU 中得到广泛应用。未来还需确定 CGM 在 ICU 中运用的安全性、可行性、准确性,以及适合危重症患者的 CGM 血糖监测指标。

### 2.2 血糖控制范围

Van den Berghe 等<sup>[28]</sup>研究发现,使用 IIT 严格

控制血糖 4.4~6.1 mmol/L 可降低外科 ICU 患者死亡率。但 2009 年一项大型多中心随访研究重症监护血糖正常使用葡萄糖调节算法评估生存<sup>[29-30]</sup>,结果发现强化血糖控制(4.4~6.1 mmol/L)组由于增加低血糖发生风险,与中等血糖控制(7.8~10.0 mmol/L)组相比,死亡率略高(27.5% vs 25%)。2024 年美国糖尿病协会(American Diabetes Association, ADA)指南<sup>[31]</sup>建议,大多数危重症患者目标血糖范围为 7.8~10.0 mmol/L,当血糖 $\geq 10$  mmol/L 时再启动静脉胰岛素治疗。IIT 因导致低血糖发生使危重症患者死亡率升高而一度饱受争议,但近期一项大型多中心严格血糖控制在正常空腹血糖范围试验<sup>[32]</sup>发现,将肠外营养推迟 1 周开始,使用高性能算法严格控制血糖在 4.4~6.1 mmol/L 并不会影响危重症患者死亡率和住院时长,甚至可能会保护危重症患者的肾功能,这项发现对之前的研究提出了挑战。

Fong 等<sup>[19]</sup>使用时间加权平均葡萄糖(time weighted average glucose, TWAG)消除了因时间测量不相等和同一时间重复测量而产生的偏差,发现非糖尿病患者 TWAG 为 4.4~6.6 mmol/L 时,死亡风险低于平均水平,相比之下糖尿病患者 TWAG 为 5.0~8.3 mmol/L 略高一筹,提示糖尿病患者需要更宽松的血糖控制范围。2022 年危重症患者血糖管理专家共识<sup>[3]</sup>也将两者血糖控制范围做了区别,建议非糖尿病危重症患者血糖水平控制在 6.1~7.8 mmol/L,糖尿病患者血糖水平控制在 6.1~11.1 mmol/L。

目前 ICU 患者血糖控制范围主要采用美国 ADA 推荐的 7.8~10.0 mmol/L,但是危重症患者由于病情严重程度、并发症、治疗方案不同,不应使用“一刀切”的方法控制血糖,今后仍需要大量研究来确定不同 ICU 人群个性化血糖控制目标。

### 2.3 胰岛素治疗

2024 年 ADA 指南<sup>[31]</sup>建议,危重症患者血糖控制首选持续静脉输注胰岛素治疗,并使用经过验证的书面或计算机化的输注方案。胰岛素输注内容主要包括胰岛素类型、胰岛素配置、给药方式、胰岛素使用时机、胰岛素输注者、胰岛素输注的调整、特殊情况下的胰岛素给药等方面<sup>[33]</sup>。根据专家建议<sup>[3]</sup>使用配备溶液的胰岛素浓度为 1 U/mL,在给药前先使用 20 mL 胰岛素溶液冲洗输注管路,降低胰岛素吸附对治疗的影响,当持续胰岛素输注结束后应过渡到皮下注射方案以减少反跳性高血糖,危重症患者皮下胰岛素剂量可参考每日静脉注射的总胰岛素剂量。目前国内尚无统一的 ICU 患者胰岛素静脉输注管理标准化方案,未来仍需要研究规范胰岛素输注方案。

目前院内联网血糖仪和电子医疗记录被广泛应用,可依赖发达的电子系统加强对血糖进行精准管理。电子化系统计算机辅助血糖管理系统(CDSS-GM)<sup>[34]</sup>可通过计算机辅助制定程序化胰岛素治疗方案,当血糖异常时调整胰岛素使用剂量,其核心在于“计算机化”。另外,随着人工智能高速发展,未来可尝试将CGM与AI计算机算法相结合,用于精准调整胰岛素输注剂量和速度,使血糖控制在目标范围,形成理想的闭环血糖管理系统即“人工胰腺”。一项猪模型动物实验<sup>[35]</sup>评估了“人工胰腺系统”的安全性和性能,该系统由EIRUS CGM和基于AI的新型葡萄糖控制软件组成,结果发现“人工胰腺系统”相较于经验丰富的ICU医生能更好地控制血糖,减少严重低血糖事件发生和血糖波动。

#### 2.4 低血糖识别及处理

普通患者在血糖下降早期可根据身体变化(焦虑、心悸、出汗、嗜睡、头晕)感知低血糖发生,通过快速进食升高血糖。然而,危重症患者容易掩盖上述低血糖的症状和体征,若不及时采取措施进行干预,患者可能会出现认知功能丧失、抽搐和昏迷等不良结局<sup>[36]</sup>。综上所述,快速识别危重症患者低血糖发生极为重要,频繁血糖监测有助于医护人员及时发现低血糖进行处理。相较于依赖护士的传统血糖监测,CGM可发现不易被传统方法检测的低血糖。当CGM动态性图谱中葡萄糖 $<3.9$  mmol/L提示患者处于低血糖范围,但CGM在葡萄糖极低( $<2.2$  mmol/L)时不太准确,此时仍需通过测量指尖血糖辅助判断<sup>[37]</sup>。

危重症患者由于自身应激状态不易出现低血糖,住院期间胰岛素治疗是导致医源性低血糖发生的最常见原因。根据专家意见<sup>[3]</sup>当血糖 $<3.9$  mmol/L(脑损伤患者 $<5.6$  mmol/L)应立即停止胰岛素输注,并给予50%葡萄糖液15~20 g静脉注射。一项关于危重症患者血糖管理的研究<sup>[38]</sup>指出,低血糖处理方式通常为静脉注射10%或50%葡萄糖。静脉注射葡萄糖可提高血浆渗透压,改变细胞内外液体平衡,但目前仍缺乏临床研究比较不同浓度葡萄糖治疗低血糖时对危重症患者机体的影响。

### 3 小结及展望

危重症患者入院后常出现SIH,需要规律监测血糖,使用静脉输注胰岛素降糖治疗,但必须根据患者的病情合理调整个性化治疗方案,避免出现低血糖事件,加剧患者血糖波动。良好的血糖管理对危重症患者至关重要,可减少不良结局的发生。目前,危重症

患者血糖管理仍存在不足之处,未来需要更多研究精确个体化血糖控制目标、评估CGM运用可行性、规范胰岛素治疗方案。随着计算机网络和AI的飞速发展,希望将来通过CGM连续记录患者血糖数据,利用AI计算机算法对胰岛素治疗方案进行程序化、自动化调整,使患者血糖控制在目标范围内,形成闭环血糖控制系统,实现智能化的血糖管理。

#### 参考文献:

- [1] Vedantam D, Poman D S, Motwani L, et al. Stress-induced hyperglycemia: consequences and management [J]. *Cureus*, 2022, 14(7): e26714.
- [2] Zhang H, Yue K Y, Jiang Z J, et al. Incidence of stress-induced hyperglycemia in acute ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis [J]. *Brain Sci*, 2023, 13(4): 556.
- [3] Wu Z X, Liu J, Zhang D, et al. Expert consensus on the glyceemic management of critically ill patients [J]. *J Intensive Med*, 2022, 2(3): 131-145.
- [4] Martinez M, Santamarina J, Pavesi A, et al. Glycemic variability and cardiovascular disease in patients with type 2 diabetes [J]. *BMJ Open Diabetes Res Care*, 2021, 9(1): e002032.
- [5] Marik P E, Bellomo R. Stress hyperglycemia: an essential survival response! [J]. *Crit Care Med*, 2013, 41(6): e93-e94.
- [6] Huang Y W, Li Z P, Yin X S. Stress hyperglycemia and risk of adverse outcomes in patients with acute ischemic stroke: a systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies [J]. *Front Neurol*, 2023, 14: 1219863.
- [7] Li L, Zhao M H, Zhang Z X, et al. Prognostic significance of the stress hyperglycemia ratio in critically ill patients [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2023, 22(1): 275.
- [8] Lu K J, Yang C H, Sheu J R, et al. Overexpressing glyoxalase 1 attenuates acute hyperglycemia-exacerbated neurological deficits of ischemic stroke in mice [J]. *Transl Res*, 2023, 261: 57-68.
- [9] Schwartz M W, Krinsley J S, Faber C L, et al. Brain glucose sensing and the problem of relative hypoglycemia [J]. *Diabetes Care*, 2023, 46(2): 237-244.
- [10] von Loeffelholz C, Birkenfeld A L. Tight versus liberal blood-glucose control in the intensive care unit: special considerations for patients with diabetes [J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2024, 12(4): 277-284.
- [11] 李菁菁, 潘文彦, 王晓容, 等. ICU成人危重症患者血糖管理的最佳证据总结 [J]. *护理学报*, 2021, 28(12): 21-26.

- [12] 乔梦圆, 王海燕, 秦梦真. 急诊重症监护室患者低血糖风险预测模型的构建及验证[J]. 中华护理杂志, 2023, 58(23): 2835-2842.
- [13] 曾龙驿. 重视低血糖及其反复发作的防范[J]. 中国糖尿病杂志, 2023, 31(11): 877-880.
- [14] 顾琼, 朱湘筠, 曹伟中, 等. 危重症患者的个体化血糖控制进展[J]. 中华急诊医学杂志, 2023, 32(6): 833-836.
- [15] 中华医学会内分泌学分会. 糖尿病患者血糖波动管理专家共识[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2017, 33(8): 633-636.
- [16] Egi M, Bellomo R, Stachowski E, et al. Variability of blood glucose concentration and short-term mortality in critically ill patients[J]. *Anesthesiology*, 2006, 105(2): 244-252.
- [17] Su Y H, Fan W G, Liu Y, et al. Glycemic variability and in-hospital death of critically ill patients and the role of ventricular arrhythmias [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2023, 22(1): 134.
- [18] Mo Y F, Wang C F, Lu J Y, et al. Impact of short-term glycemic variability on risk of all-cause mortality in type 2 diabetes patients with well-controlled glucose profile by continuous glucose monitoring: a prospective cohort study[J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2022, 189: 109940.
- [19] Fong K M, Au S Y, Ng G W Y. Glycemic control in critically ill patients with or without diabetes[J]. *BMC Anesthesiol*, 2022, 22(1): 227.
- [20] Ma H M, Yu G, Wang Z W, et al. Association between dysglycemia and mortality by diabetes status and risk factors of dysglycemia in critically ill patients: a retrospective study[J]. *Acta Diabetol*, 2022, 59(4): 461-470.
- [21] Hryciw B N, Ghossein J, Rochweg B, et al. Glycemic variability As a prognostic factor for mortality in patients with critical illness: a systematic review and meta-analysis[J]. *Crit Care Explor*, 2024, 6(1): e1025.
- [22] 许华娇, 吴玲玲, 张琦. ICU患者胰岛素静脉输注管理的最佳证据总结[J]. 中华护理杂志, 2023, 58(12): 1489-1495.
- [23] Arias-Rivera S, Raurell-Torredà M, Fernández-Castillo R J, et al. Blood glucose monitoring in critically ill adult patients: type of sample and method of analysis. Systematic review and meta-analysis[J]. *Enferm Intensiva*, 2024, 35(1): 45-72.
- [24] Krinsley J S, Chase J G, Gunst J, et al. Continuous glucose monitoring in the ICU: clinical considerations and consensus[J]. *Crit Care*, 2017, 21(1): 197.
- [25] 中华医学会糖尿病学分会. 中国血糖监测临床应用指南(2021年版)[J]. 中华糖尿病杂志, 2021, 13(10): 936-948.
- [26] Wang Y X, Li S W, Lu J Y, et al. Threshold of hyperglycaemia associated with mortality in critically ill patients: a multicentre, prospective, observational study using continuous glucose monitoring[J]. *Diabetologia*, 2024, 67(7): 1295-1303.
- [27] Guerrero-Arroyo L, Faulds E, Perez-Guzman M C, et al. Continuous glucose monitoring in the intensive care unit[J]. *J Diabetes Sci Technol*, 2023, 17(3): 667-678.
- [28] van den Berghe G, Wouters P, Weekers F, et al. Intensive insulin therapy in critically ill patients[J]. *N Engl J Med*, 2001, 345(19): 1359-1367.
- [29] Finfer S, Chittock D R, Su S Y, et al. Intensive versus conventional glucose control in critically ill patients[J]. *N Engl J Med*, 2009, 360(13): 1283-1297.
- [30] Finfer S, Liu B, Chittock D R, et al. Hypoglycemia and risk of death in critically ill patients[J]. *N Engl J Med*, 2012, 367(12): 1108-1118.
- [31] American Diabetes Association Professional Practice Committee. 16. diabetes care in the hospital: standards of care in diabetes-2024 [J]. *Diabetes Care*, 2024, 47 (Suppl 1): S295-S306.
- [32] Hartl W H, Elke G. Tight blood-glucose control without early parenteral nutrition in the ICU[J]. *N Engl J Med*, 2023, 389(23): 2207.
- [33] Huang M, Yang L, Zhang C L, et al. Glucose management in critically ill adults: a qualitative study from the experiences of health care providers[J]. *Heliyon*, 2024, 10(3): e24545.
- [34] 赵晓龙, 杨亚玲. 计算机辅助血糖管理系统的历史、发展和应用[J]. 中华糖尿病杂志, 2021, 13(7): 672-677.
- [35] DeJournett J, Nekludov M, DeJournett L, et al. Performance of a closed-loop glucose control system, comprising a continuous glucose monitoring system and an AI-based controller in swine during severe hypo- and hyperglycemic provocations [J]. *J Clin Monit Comput*, 2021, 35(2): 317-325.
- [36] Vriesendorp T M, DeVries J H, Hoekstra J B. Hypoglycemia and strict glycemic control in critically ill patients[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2008, 14(4): 397-402.
- [37] 叶宜芬, 王菲菲, 孟安, 等. 胰岛素强化治疗的糖尿病患者应用动态血糖监测低血糖处理的最佳证据总结[J]. 生命科学仪器, 2023, 21(S1): 4-5.
- [38] 黄苗, 甘秀妮, 张传来, 等. 成人危重症患者血糖管理现状及护理实践内容的田野研究[J]. 中华急危重症护理杂志, 2024, 5(2): 101-107.