

## · 综述 ·

# 外周灌注指数在危重患者中的应用进展

王迎鑫<sup>1</sup> 邵腾皓<sup>1</sup> 董文敬<sup>2</sup> 苏丹<sup>1</sup> 于占彪<sup>1</sup> 吴佳骞<sup>1</sup>

<sup>1</sup>河北大学附属医院重症医学科, 保定 071000; <sup>2</sup>保定市第四中心医院肿瘤血液科, 保定 071000

DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.06.023

## 1 外周灌注指数

最新脓毒症休克指南提出, 推荐使用毛细血管充盈时间 (CRT) 作为复苏指标, 使得 CRT、花斑评分、外周灌注指数等参数再次回归人们视野<sup>[1]</sup>。其中, 外周灌注指数 (PI) 是脉搏血氧仪的衍生参数, 表示外周循环搏动部分和非搏动部分的比值, 可以作为外周灌注指标<sup>[2]</sup>, 它测量简单, 易于解读, 无创连续。PI 反映两个主要决定因素: 心输出量、交感神经系统和副交感神经系统之间的平衡, 在危重患者中, 交感神经兴奋常占主导, 导致 PI 降低<sup>[3]</sup>, 所以 PI 能够为临床提供非常有用的信息, 可以预测预后、指导循环管理、预测脱机等。

## 2 PI 预测预后

### 2.1 PI 与病死率

Huai-wu 首次探讨了脓症患者复苏后 PI 与 ICU 病死率之间的关系, 发现 PI 预测 ICU 病死率的临界值为 0.2, 其准确性与动脉乳酸水平相似, 并显著优于中心静脉动脉二氧化碳分压差 (GAP), 可以作为评估整体复苏状态和结果的工具<sup>[4]</sup>。同样是 Huai-wu 团队, 联合应用 PI 及中心静脉血氧饱和度 (ScvO<sub>2</sub>) 对危重患者进行评估, 结果发现与 ScvO<sub>2</sub>、GAP、乳酸相比, 复苏后 8 h 测量的 PI 在预测 30 d 病死率时, AUC 曲线下面积最大, 除此之外, PI < 0.6 与复苏后不良预后相关, 是 30 d 死亡的独立危险因素。当 PI 联合 SCVO<sub>2</sub> 对患者进行评估时, 低 ScvO<sub>2</sub> (<70%) 和 PI (≤ 0.6) 与 30 d 最低存活率相关。所以, 将 ScvO<sub>2</sub> 评估与 PI 相结合可以更好地确定复苏终点和不良预后<sup>[5]</sup>。Rasmy、刘倩等<sup>[6-7]</sup> 得出了类似的结论。同样是脓毒症, 但 Carolina 等<sup>[8]</sup> 侧重于脓毒症相关急性肾损伤患者, 发现 72 h 内, PI < 1.4 对 28 d 死亡有较高的预测价值。

脓毒症的不良预后常与微循环障碍相关, 在血管闭塞试验 (VOT) 后, 可用 PI 评估微血管储备, 进而评估预后。Igor 等人在实施血管闭塞试验前后分别测量 PI, 并且记录 PI 的峰值及到达峰值的时间<sup>[9]</sup>, 结果发现, 死亡组中 PI 峰

值更高。除此之外, 研究人员根据乳酸高低和 PI 峰值高低将患者分为四组, 得出结论, 乳酸正常患者中, PI 峰值增加不能预测更高的病死率; 对于乳酸增高患者, PI 峰值提高了预测价值: 乳酸虽然高, 但 PI 峰值低的组, 和乳酸正常组相比病死率差异无统计学意义; 而对于乳酸高合并 PI 峰值高的患者, 病死率极高, 与其他各组对比差异有统计学意义。乳酸被认为是病死率的预测因子<sup>[10]</sup>, 而血管闭塞试验后的 PI 峰值联合乳酸可以提供更好的预测预后的能力, 从而避免对低死亡风险患者进行过度医疗, 并可以对高死亡风险患者投入更多的精力<sup>[9]</sup>。

院外心搏呼吸骤停患者, 复苏后的自主神经调节可能与脓毒症相似<sup>[11]</sup>。Simone 等<sup>[12]</sup> 应用 PI 对此类患者的生存状况进行了探索。结果发现, 30 d 内死亡的患者, 其自主循环恢复后 30 min 内 PI 的平均值 (MPI30) 明显降低, 证实 MPI30 为 30 d 病死率或神经预后差的独立预测因子, 并且低 PI 患者的病死率是高 PI 患者的 2 倍, 这一结论可用高 PI 值反映更好的灌注来解释, 与在脓毒症休克患者中的应用有异曲同工之效, 但有差异的是, 此研究监测的是一段期间内 PI 的平均值, 因为一些患者在监测期间 PI 值变化很大, 这表明需要进行长时间观察, 以减少误差。而 Michel E 则对院外心搏呼吸骤停患者行低温治疗期间及复温后的周围组织灌注参数进行了研究, 结果发现, 在复温完成以及复温后 24 h 的节点, 如果 PI < 0.4 则病死率明显增加。因此监测外周组织灌注可能是一种有价值的辅助手段。

虽然 PI 在多项研究中提示和病死率相关<sup>[13]</sup>, 但 Oskay 等<sup>[14]</sup> 应用 PI 对急诊患者进行评估时, 遗憾的发现, 在预测急诊科危重患者入院和病死率方面, PI 是一个无关紧要的工具, 不适用于急诊分诊。尽管如此, PI 在确定患者的风险方面仍具有潜力, 需更多的研究来提供相关证据。

### 2.2 PI 与住院时间

和病死率一样, 住院时间是另一项预后指标, 既往 PI 研究多针对脓症患者, Shi 则对 PI 在术后危重患者中的应用进行了探索, 并截取入住 ICU 时、入住 ICU 6 h、入住

ICU12 h 三个时间点<sup>[15]</sup>。结果发现, 入住 ICU6 h 的 PI 与 ICU 住院时间延长显著相关, 且为延长患者 ICU 住院时间的独立预测因子, 其临界值为 1.35, 提示临床医生, 如果患者在入住 ICU6 h 后, PI 值 < 1.35, 则该患者在 ICU 住院时间可能会超过 48 h, 且其预测能力优于乳酸。所以在临床实践中, 如果 PI 呈下降趋势, 医生则需警惕患者可能存在组织灌注不足, 且预后不良。

### 2.3 PI 与术后并发症

多项研究已经表明外周血灌注改变与危重患者预后不良密切相关, 对于术后患者来说, 术后并发症同样影响预后, 且增加住院时间, 提高医疗成本<sup>[16]</sup>。有研究在术后几天内反复评估患者外周灌注, 结果发现, 外周灌注异常的患者发生术后并发症的可能性几乎是正常患者的 9 倍, 且这种影响会持续一段时间, 而术后第 2 天的异常外周灌注具有最好的预测价值<sup>[17]</sup>。所以, 通过术后立即对外周灌注进行简单的临床评估, 临床医生能够鉴别出发生严重并发症的高危患者, 及时干预。

## 3 PI 指导血流动力学

### 3.1 休克识别

PI 受心输出量 (CO) 影响, 而 CO 在诊断休克过程中扮演重要角色<sup>[18]</sup>, 同时, 外周血管收缩是危重患者外周灌注异常的常见表现, PI 可以监测外周血管收缩舒张的变化<sup>[19]</sup>, 所以石远峰等<sup>[20]</sup>探讨了 PI 在感染性休克早期诊断中的应用, 发现在 PI < 1.4 时, 诊断感染性休克敏感性高达 94.3%, 但特异性较低。相对于成人, Sivaprasath 则是将 PI 应用至儿科重症监护室, 纳入 1 月至 12 岁的 100 名儿童, 结果发现 PI 能够合理的检测出休克<sup>[19]</sup>, 根据年龄不同, 其临界值存在差异: 3 岁以下, PI < 1.15; 3 岁~10 岁, PI < 1.25; 10 岁~12 岁, PI < 1.55 分别提示患儿存在休克, 并且如果 PI 较基础值下降 57%, 预示着儿童可能将会发生休克。而 Michel 等<sup>[21]</sup>则在健康成人中发现 PI 可以在心血管恶化发生之前, 非常早地检测出中心低血容量和休克。

### 3.2 液体复苏

液体复苏过程中, 心输出量增加是基石, 其评估与容量反应性试验密不可分<sup>[22-25]</sup>。常规心输出量监测方法有超声、PICCO、肺动脉漂浮导管等<sup>[26]</sup>, 这些方法存在不能连续、价格昂贵、有创等缺点, 而 PI 与 CO 相关, 且连续、简单、无创, 可能作为替代品发挥临床价值。

肺复张试验, 可以引起 SV 减少, 在低血容量患者中更为明显, 可以通过肺复张时 SV 下降程度预测容量反应性<sup>[22]</sup>。Hugues 等<sup>[27]</sup>针对神经外科手术患者进行研究, 发现在肺复张期间, PI 下降 26% 预示着 SV 下降超过 30%,

能够检测出有潜在容量反应性的患者。

被动抬腿试验, 是一种简单可靠的预测液体反应性的方法, 目前已被临床实践所接受<sup>[23-24]</sup>, Beurton 对 72 例危重患者进行了检测, 发现被动抬腿试验中, PI 的变化与 SV 的变化之间存在显著相关性, 且 PI 增加大于 9%, 提示被动抬腿试验阳性, 敏感性为 91%, 特异性为 79%<sup>[28]</sup>。

呼气末阻断试验, 是机械通气时在呼气末阻断通气 15-30 s, 检测 CI 变化来预测容量反应性<sup>[25]</sup>, Beurton 发现, 呼气末阻断试验中, PI 可以作为 CI 的可靠替代指标, 且 PI 增加  $\geq 2.5\%$  能够检测出被动抬腿试验阳性<sup>[29]</sup>。

补液试验, 是通过输注液体后检测 CO、VTI 等变化来评估容量反应性<sup>[30]</sup>, Hasanin 等<sup>[31]</sup>通过纳入脓毒症患者, 发现输注 200 mL 晶体液后, PI 的增加与 VTI 的增加存在显著相关性, PI 增加 5% 代表容量反应性阳性, 但是当 PI 增加不足时, 不能除外存在容量反应性。同样是脓毒症患者, Lian 等发现, 在治疗早期阶段, 30 min 内, 输注 250 mL 至 700 mL 晶体液, PI 的改变可以很好的反应 CI 变化, 且 PI 增加 33.1% 代表容量反应性阳性<sup>[32]</sup>。

容量反应性阳性时才进行液体复苏, 因为过度复苏能导致液体过负荷、肺水肿等危害, 甚至增加病死率<sup>[33-34]</sup>, 所以复苏终点逐渐被重视<sup>[35]</sup>。由于休克时外周灌注最先牺牲, 如果休克复苏时外周组织是最后灌注的, 则外周灌注监测可以提供内脏器官灌注信息。Huaiwu 研究指出, 复苏后 PI 正常 (> 1.4) 的患者的预后并不比轻度 PI 损伤 (0.6-1.4) 的患者更好, 可能因为追求外周灌注完全正常化会导致复苏过度, 而轻度 PI 损伤可能是允许性外周低灌注, 不需要立即积极的复苏<sup>[5]</sup>, 所以治疗期间 PI 正常化 (1.4) 可能是停止复苏的一种指标, 且在复苏过程中将 ScvO<sub>2</sub> 评估与 PI 相结合, 可以更好地确定复苏终点。

反向液体复苏, 是液体过负荷时的处理策略, 合并肾损伤患者甚至需要血液净化协助脱水, 可能导致低血压。Eva 尝试应用 PI 预测连续性血液净化过程中低血容量性低血压<sup>[36]</sup>, 因为低血压的发生是由于脱水引起的容量和流量减少, 同时血管收缩补偿能力不足所致, 而 PI 能反应基础血管收缩舒张能力, 结果发现, PI 基线值 < 0.82 时可以预测低血压。而 Mostafa 等<sup>[37]</sup>则发现 PI  $\leq 1.8$  能够预测间歇性血液净化患者的低血压。两个研究的临界值差异稍大, 可能是因为 Eva 研究中的患者多应用升压药, 导致了 PI 的下降, 引起临界值降低。

### 3.3 血管活性药与血压滴定

与液体复苏类似, 脓毒症休克时, 应用血管活性药物是维持血压的基本措施之一<sup>[38]</sup>, Bai 等<sup>[39]</sup>指出, 脓毒症休克患者, 延迟给去甲肾上腺素与 28 d 病死率相关, 所以预

测血管活性药需求,对于确定升压药治疗开始的最佳时机至关重要。Rasmy 等<sup>[6]</sup>发现,脓毒症患者液体复苏早期,PI < 0.3 可以预测患者需要血管活性药物,并且,在脓毒症休克患者血管反应性充血试验中,第 2 分钟内的 PI 峰值与血管活性药物剂量呈正相关<sup>[40]</sup>。

相较于维持血压,优化血压同等重要,而精确的血压目标应该基于组织灌注的方法来确定<sup>[41]</sup>,脓毒性休克患者,不同的平均动脉压(MAP)水平引起不同的 PI 反应,而这些 PI 可能在基于外周组织灌注变化的 MAP 优化中有潜在的应用价值。Wu 等<sup>[42]</sup>研究发现:在脓毒症休克患者液体复苏早期,不同 MAP 水平下获得的最大 PI 具有广泛的变异性;且应用去甲肾上腺素(NE)滴定 MAP 时,PI 的变化可能与大循环变化无关。可能原因是:应用 NE 维持较高 MAP,会导致血管收缩,损害外周灌注,另一方面,灌注压不足同样导致灌注损害,所以监测 PI 可帮助确定最佳灌注压指标,至于 PI 最大值来指导 MAP 目标的设定是否可能改善预后,有待进一步研究。

#### 4 PI 预测脱机

危重患者可能需要呼吸机辅助呼吸,过早拔管与预后不良相关,延迟拔管则增加机械通气的并发症<sup>[43-44]</sup>,但目前并没有预测脱机的理想指标。Ahmed 评估了自主呼吸试验(SBT)期间 PI 的变化,来判断能否预测脱机,结果发现,成功脱机患者的 PI 增加 > 41%<sup>[45]</sup>。因为停机时胸腔内压的变化导致前负荷增加,儿茶酚胺释放,增加 CO,从而增加 PI。有研究指出,CO 增加可以预测脱机<sup>[46]</sup>,而前文已述 PI 是良好的 CO 替代指标,所以 PI 为 SBT 期间再次插管的独立预测因子处于意料之中<sup>[45]</sup>。

#### 5 总结

PI 是一种不可替代的生命体征,临床中有许多重要的作用<sup>[47]</sup>,但应用过程中还应注意会受到患者年龄、体位、体温、药物、疼痛等多种因素影响<sup>[19, 48-52]</sup>,只有尽量减少影响因素,才能使其更准确的服务于临床。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参 考 文 献

- [1] Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021[J]. Intensive Care Med, 2021, 47(11): 1181-1247. DOI: 10.1007/s00134-021-06506-y.
- [2] Lima AP, Beelen P, Bakker J. Use of a peripheral perfusion index derived from the pulse oximetry signal as a noninvasive indicator of perfusion[J]. Crit Care Med, 2002, 30(6): 1210-1213. DOI: 10.1097/00003246-200206000-00006.
- [3] Elshal MM, Hasanin AM, Mostafa M, et al. Plethysmographic peripheral perfusion index: could it be a new vital sign?[J]. Front Med (Lausanne), 2021, 8: 651909. DOI: 10.3389/fmed.2021.651909.
- [4] He HW, Liu DW, Long Y, et al. The peripheral perfusion index and transcutaneous oxygen challenge test are predictive of mortality in septic patients after resuscitation[J]. Crit Care, 2013, 17(3): R116. DOI: 10.1186/cc12788.
- [5] He HW, Long Y, Liu DW, et al. Clinical classification of tissue perfusion based on the central venous oxygen saturation and the peripheral perfusion index[J]. Crit Care, 2015, 19(1): 330. DOI: 10.1186/s13054-015-1057-8.
- [6] Rasmy I, Mohamed H, Nabil N, et al. Evaluation of perfusion index as a predictor of vasopressor requirement in patients with severe sepsis[J]. Shock, 2015, 44(6): 554-559. DOI: 10.1097/shk.0000000000000481.
- [7] 刘倩,王啸,袁会敏,等.外周灌注指数联合中心静脉-动脉二氧化碳分压差/动脉-中心静脉氧含量差对脓毒性休克患者预后的预测价值[J].中华急诊医学杂志,2022,31(4):508-513. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2022.04.014.
- [8] de Miranda AC, de Menezes IAC, Junior HC, et al. Monitoring peripheral perfusion in sepsis associated acute kidney injury: analysis of mortality[J]. PLoS One, 2020, 15(10): e0239770. DOI: 10.1371/journal.pone.0239770.
- [9] Menezes IAC, Cunha CLD, Junior HC, et al. Increase of perfusion index during vascular occlusion test is paradoxically associated with higher mortality in septic shock after fluid resuscitation: a prospective study[J]. Shock, 2019, 51(5): 605-612. DOI: 10.1097/shk.0000000000001217.
- [10] Kiyatkin ME, Bakker J. Lactate and microcirculation as suitable targets for hemodynamic optimization in resuscitation of circulatory shock[J]. Curr Opin Crit Care, 2017, 23(4): 348-354. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000423.
- [11] Wei-Lung, Chen, Md M, et al. Postresuscitation autonomic nervous modulation after cardiac arrest resembles that of severe sepsis[J]. Am J Emerg Med, 2012, 30(1): 143-150. DOI: 10.1016/j.ajem.2010.11.013.
- [12] van Genderen ME, Lima A, Akkerhuis M, et al. Persistent peripheral and microcirculatory perfusion alterations after out-of-hospital cardiac arrest are associated with poor survival[J]. Crit Care Med, 2012, 40(8): 2287-2294. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31825333b2.
- [13] Su L, Zhang R, Zhang Q, et al. The effect of mechanical ventilation on peripheral perfusion index and its association with the prognosis of critically ill patients[J]. Crit Care Med, 2019, 47(5): 685-690. DOI: 10.1097/ccm.00000000000003661.

- [14] Alten, Oskay, MD, et al. Prognosis of critically ill patients in the ED and value of perfusion index measurement: a cross-sectional study[J]. *Am J Emerg Med*, 2015, 33(8): 1042-1044. DOI: 10.1016/j.ajem.2015.04.033.
- [15] Shi XG, Xu M, Yu X, et al. Peripheral perfusion index predicting prolonged ICU stay earlier and better than lactate in surgical patients: an observational study[J]. *BMC Anesthesiol*, 2020, 20(1): 153. DOI: 10.1186/s12871-020-01072-0.
- [16] Jacobs DO. Variation in hospital mortality associated with inpatient surgery: an S.O.S[J]. *N Engl J Med*, 2009, 361(14): 1398-1400. DOI: 10.1056/NEJMe0907193.
- [17] van Genderen ME, Paauwe J, de Jonge J, et al. Clinical assessment of peripheral perfusion to predict postoperative complications after major abdominal surgery early: a prospective observational study in adults[J]. *Crit Care*, 2014, 18(3): R114. DOI: 10.1186/cc13905.
- [18] Vincent JL, de Backer D. Circulatory shock[J]. *N Engl J Med*, 2014, 370(6): 583. DOI: 10.1056/NEJMc1314999.
- [19] Sivaprasath P, Gounder RM, Mythili B. Prediction of shock by peripheral perfusion index[J]. *Indian J Pediatr*, 2019, 86(10): 903-908. DOI: 10.1007/s12098-019-02993-6.
- [20] 石远峰, 殷睿宏, 王言理, 等. PPI 在脓毒性休克早期诊断及治疗中的意义: 一项前瞻性单盲随机对照试验 [J]. *中华危重病急救医学*, 2017, 29(12): 1065-1070. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.12.003.
- [21] van Genderen ME, Bartels SA, Lima A, et al. Peripheral perfusion index as an early predictor for central hypovolemia in awake healthy volunteers[J]. *Anesth Analg*, 2013, 116(2): 351-356. DOI: 10.1213/ANE.0b013e318274e151.
- [22] Biais M, Lanchon R, Sesay M, et al. Changes in stroke volume induced by lung recruitment maneuver predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients in the operating room[J]. *Anesthesiology*, 2017, 126(2): 260-267. DOI: 10.1097/ALN.0000000000001459.
- [23] Monnet X, Marik P, Teboul JL. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis[J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(12): 1935-1947. DOI: 10.1007/s00134-015-4134-1.
- [24] Cherpanath TGV, Hirsch A, Geerts BF, et al. Predicting fluid responsiveness by passive leg raising: a systematic review and meta-analysis of 23 clinical trials[J]. *Crit Care Med*, 2016, 44(5): 981-991. DOI: 10.1097/CCM.0000000000001556.
- [25] Gavelli F, Teboul JL, Monnet X. The end-expiratory occlusion test: please, let me hold your breath![J]. *Crit Care*, 2019, 23(1): 274. DOI: 10.1186/s13054-019-2554-y.
- [26] 王润泽, 张琳, 张峰, 等. 颈内静脉扩张指数预测脓毒症休克容量反应性的临床研究 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2022, 31(9): 1216-1222. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2022.09.011.
- [27] de Courson H, Michard F, Chavignier C, et al. Do changes in perfusion index reflect changes in stroke volume during preload-modifying manoeuvres?[J]. *J Clin Monit Comput*, 2020, 34(6): 1193-1198. DOI: 10.1007/s10877-019-00445-2.
- [28] Beurton A, Teboul JL, Gavelli F, et al. The effects of passive leg raising may be detected by the plethysmographic oxygen saturation signal in critically ill patients[J]. *Crit Care*, 2019, 23(1): 19. DOI: 10.1186/s13054-019-2306-z.
- [29] Beurton A, Gavelli F, Teboul JL, et al. Changes in the plethysmographic perfusion index during an end-expiratory occlusion detect a positive passive leg raising test[J]. *Crit Care Med*, 2021, 49(2): e151-e160. DOI: 10.1097/CCM.0000000000004768.
- [30] Muller L, Toumi M, Bousquet PJ, et al. An increase in aortic blood flow after an infusion of 100 mL colloid over 1 minute can predict fluid responsiveness: the mini-fluid challenge study[J]. *Anesthesiology*, 2011, 115(3): 541-547. DOI: 10.1097/ALN.0b013e318229a500.
- [31] Hasanin A, Karam N, Mukhtar AM, et al. The ability of pulse oximetry-derived peripheral perfusion index to detect fluid responsiveness in patients with septic shock[J]. *J Anesth*, 2021, 35(2): 254-261. DOI: 10.1007/s00540-021-02908-w.
- [32] Lian H, Wang XT, Zhang Q, et al. Changes in perfusion can detect changes in the cardiac index in patients with septic shock[J]. *J Int Med Res*, 2020, 48(8): 300060520931675. DOI: 10.1177/0300060520931675.
- [33] Silversides JA, Major E, Ferguson AJ, et al. Conservative fluid management or dereuscitation for patients with sepsis or acute respiratory distress syndrome following the resuscitation phase of critical illness: a systematic review and meta-analysis[J]. *Intensive Care Med*, 2017, 43(2): 155-170. DOI: 10.1007/s00134-016-4573-3.
- [34] Andrews B, SemLer MW, Muchemwa L, et al. Effect of an early resuscitation protocol on In-hospital mortality among adults with Sepsis and hypotension: a randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2017, 318(13): 1233-1240. DOI: 10.1001/jama.2017.10913.
- [35] Hernandez G, Luengo C, Bruhn A, et al. When to stop septic shock resuscitation: clues from a dynamic perfusion monitoring[J]. *Ann Intensive Care*, 2014, 4: 30. DOI: 10.1186/s13613-014-0030-z.
- [36] Klijn E, Groeneveld AB, van Genderen ME, et al. Peripheral perfusion index predicts hypotension during fluid withdrawal by continuous veno-venous hemofiltration in critically ill patients[J]. *Blood Purif*, 2015, 40(1): 92-98. DOI: 10.1159/000381939.
- [37] Mostafa H, Shaban M, Hasanin A, et al. Evaluation of peripheral perfusion index and heart rate variability as early predictors for intradialytic hypotension in critically ill patients[J]. *BMC Anesthesiol*, 2019, 19(1): 242. DOI: 10.1186/s12871-019-0917-1.
- [38] Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, et al. Surviving Sepsis campaign: international guidelines for management of Sepsis and septic shock

- 2021[J]. Crit Care Med, 2021, 49(11): e1063-e1143. DOI: 10.1097/CCM.0000000000005337.
- [39] Bai XW, Yu WK, Ji W, et al. Early versus delayed administration of norepinephrine in patients with septic shock[J]. Crit Care, 2014, 18(5): 532. DOI: 10.1186/s13054-014-0532-y.
- [40] Daş M, Bardakci O, Beyazit Y. To: Perfusion index for assessing microvascular reactivity in septic shock after fluid resuscitation[J]. Rev Bras Ter Intensiva, 2019, 31(2): 273-274. DOI: 10.5935/0103-507X.20190019.
- [41] Dünser MW, Takala J, Brunauer A, et al. Re-thinking resuscitation: leaving blood pressure cosmetics behind and moving forward to permissive hypotension and a tissue perfusion-based approach[J]. Crit Care, 2013, 17(5): 326. DOI: 10.1186/cc12727.
- [42] He HW, Liu WL, Zhou X, et al. Effect of mean arterial pressure change by norepinephrine on peripheral perfusion index in septic shock patients after early resuscitation[J]. Chin Med J (Engl), 2020, 133(18): 2146-2152. DOI: 10.1097/CM9.0000000000001017.
- [43] Peñuelas Ó, Thille AW, Esteban A. Discontinuation of ventilatory support: new solutions to old dilemmas[J]. Curr Opin Crit Care, 2015, 21(1): 74-81. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000169.
- [44] Geiseler J, Westhoff M. Weaning from invasive mechanical ventilation[J]. Med Klin Intensivmed Notfmed, 2021, 116(8): 715-726. DOI: 10.1007/s00063-021-00858-5.
- [45] Lotfy A, Hasanin A, Rashad M, et al. Peripheral perfusion index as a predictor of failed weaning from mechanical ventilation[J]. J Clin Monit Comput, 2021, 35(2): 405-412. DOI: 10.1007/s10877-020-00483-1.
- [46] Tanius M, Epstein S, Sauser S, et al. Noninvasive monitoring of cardiac output during weaning from mechanical ventilation: a pilot study[J]. Am J Crit Care, 2016, 25(3): 257-265. DOI: 10.4037/ajcc2016921.
- [47] Lima A, Bakker J. Noninvasive monitoring of peripheral perfusion[J]. Intensive Care Med, 2005, 31(10): 1316-1326. DOI: 10.1007/s00134-005-2790-2.
- [48] Tapar H, Karaman S, Dogru S, et al. The effect of patient positions on perfusion index[J]. BMC Anesthesiol, 2018, 18(1): 111. DOI: 10.1186/s12871-018-0571-z.
- [49] Lima A, van Genderen ME, van Bommel J, et al. Nitroglycerin reverts clinical manifestations of poor peripheral perfusion in patients with circulatory shock[J]. Crit Care, 2014, 18(3): R126. DOI: 10.1186/cc13932.
- [50] Sahni R, Schulze KF, Ohira-Kist K, et al. Interactions among peripheral perfusion, cardiac activity, oxygen saturation, thermal profile and body position in growing low birth weight infants[J]. Acta Paediatr, 2010, 99(1): 135-139. DOI: 10.1111/j.1651-2227.2009.01514.x.
- [51] Nishimura T, Nakae A, Shibata M, et al. Age-related and sex-related changes in perfusion index in response to noxious electrical stimulation in healthy subjects[J]. J Pain Res, 2014, 7: 91-97. DOI: 10.2147/JPR.S57140.
- [52] Hasanin A, Abdel Raouf Mohamed S, El-adawy A. Evaluation of perfusion index as a tool for pain assessment in critically ill patients[J]. J Clin Monit Comput, 2017, 31(5): 961-965. DOI: 10.1007/s10877-016-9936-3.

(收稿日期: 2023-01-16)

(本文编辑: 何小军)

## 危重症患者的个体化血糖控制进展

顾琮 朱湘筠 曹伟中 郁慧杰

嘉兴市第一医院急诊科, 嘉兴 314000

通信作者: 郁慧杰, Email: yhj88@sina.com

基金项目: 浙江省医药卫生科技项目 2019KY215; 嘉兴市急诊医学重点支撑学科建设项目 (2023-ZC-04)

DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.06.024

### 1 血糖对急危重症患者的影响机制

有研究报道, 在 ICU 病房血糖正常的患者仅占 22.7%<sup>[5]</sup>。血糖紊乱与患者预后有着极其密切的联系。其中高血糖可通过细胞因子释放、血小板活化、线粒体功能障碍、电解质和酸碱紊乱等途径致使患者出现不良结局<sup>[6]</sup>, 尤其是既往无糖尿病的患者<sup>[7]</sup>。低血糖可引起自主神经功能损害、白细胞激活、血管收缩以及炎症介质和细胞因子释放来增加病死率, 这也体现在低血糖患者分布性休克的死亡

危险比例增加<sup>[8-9]</sup>。而血糖波动可能是因为葡萄糖震荡加重氧化应激、促进炎症反应、调节 ROS 介导的 NF- $\kappa$ B/RAGE 激活<sup>[4]</sup>, 导致内皮细胞损伤<sup>[10-12]</sup>。可见, 血糖的改变极易引起内环境紊乱, 从而引起不良预后。因此对于急危重症患者进行血糖监测、血糖管理极为重要。

### 2 危重症患者血糖控制目标的争议

2001 年, Vandenberghe 团队发现将血糖严格控制在