

# 无创技术检测失血性休克严重程度的现状与进展

王文涛 冯自立 赵鹏 种银保 赵安 郎朗 马结实 向逾 王晴

创伤失血是导致平 / 战时伤员死亡的首要因素。失血程度的早期检测对确定伤员分流和选择复苏方案具有重要的指导意义。但如何在院前快速、有效地评估失血性休克的严重程度已成为战 / 创伤外科和急诊医学的焦点问题。目前,根据中华医学会重症医学分会制定的《低血容量休克复苏指南(2007)》<sup>[1]</sup>的标准,临床上对失血性休克严重程度的评估主要依据心率(HR)、动脉血压(ABP)、尿量、皮温色泽和精神状态等指标。然而大量研究证实,HR 和 ABP 在休克初期由于代偿性血管收缩并不能真实地反映休克程度;而皮温下降、皮肤苍白、精神状态的改变也不是失血性休克的特异性指标,更不能用于失血程度的定量分析<sup>[2-3]</sup>。休克指数(SI)能够估计创伤患者的失血量,但其敏感度和准确性不能有效指导早期诊断和液体复苏<sup>[4]</sup>。心排血量(CO)是反映失血性休克程度最为敏感的指标之一,但 CO 的准确测量主要依赖于有创监测,严重影响了这一方法在院前的应用。动脉血乳酸作为失血性休克诊断的“金指标”已被国内外专家广泛认可<sup>[5]</sup>,但血乳酸不能连续无创监测,难以用于院前急救和后送转运途中指导复苏。尤其是在灾难、事故和战争中,由于上述检测指标和评估方法的局限性,以致于医护人员无法在“黄金时间”内对患者的休克程度进行有效评估,造成检伤分类不准确,后送转运不及时,复苏方案不合理,最终导致并发症和病死率偏高<sup>[6-7]</sup>。因此,研究快速、准确、定量评估失血性休克严重程度的无创检测技术,对创伤患者的院前救治具有非常重要的意义。

## 1 无创监测休克程度方法的研究现状

由于休克发生时有效循环血容量急剧减少,导致收缩压(SBP)下降[ <90 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa) ],脉压差(dPP)减少 (<20 mmHg)、HR 加快 (>100 次 /min) 及其他血流动力学指标的改变<sup>[8]</sup>。一部分学者<sup>[9-15]</sup>采用无创技术检测血流动力学指标来评估休克程度,如脉压(PP)、dPP、R 波振幅、心脏周期变化性(HPV)等。上述研究主要基于一种下肢负压(LBNP)模型<sup>[16]</sup>,该模型由主体和橡胶裙组成,通过对下肢(髌骨之下)施加负压,造成血液流出上肢(头部和心脏)进行再分配,从而模拟人体的失血性休克。另一部分学者<sup>[17-23]</sup>认为休克时微循环严重障碍,组织低灌注造成细胞缺氧才是休克的本质,由此提出应该采用无创技术检测氧代谢指标来评估休克程度,如组织氧饱和度( $StO_2$ )、组织二氧化碳分压( $PtCO_2$ )<sup>[24]</sup>以及组织 pH 值(pHt)等。

现按照血流动力学和氧代谢指标将国内外休克程度的无创检测方法(表 1)分为两大类。

表 1 国内外文献报道应用于院前评估休克程度的无创检测方法

文献	实验模型或研究对象	样本数	主要监测指标	实验结果
Moulton 等 <sup>[9]</sup>	LBNP 模型,健康成人	184	CRI	
Van Sickle 等 <sup>[10]</sup>	LBNP 模型,健康成人	15	CRI	
Cooke 等 <sup>[11]</sup>	LBNP 模型,健康成人	33	HPV	$R^2 = 0.98$
Convertino 等 <sup>[12]</sup>	LBNP 模型,健康成人	13	PP	$R^2 = 0.94$
McManus 等 <sup>[13]</sup>	LBNP 模型,健康成人	13	R 波振幅	$P = 0.000 5$
Pestel 等 <sup>[14]</sup>	失血性休克,猪	6	dPP	$P < 0.000 1$
Norris 等 <sup>[15]</sup>	创伤患者	1 316	HPV	AUC = 0.67
Soller 等 <sup>[17]</sup>	非控制性失血性休克,猪	26	$SmO_2$ 和 pHm	$P < 0.05$
Tiba 等 <sup>[18]</sup>	失血性休克,猪	6	$S_{Bu}O_2$	$r = 0.917$
Cammarata 等 <sup>[19]</sup>	失血性休克,大鼠	20	$P_{Bu}CO_2$	$P < 0.05$
Pellis 等 <sup>[20]</sup>	失血性休克,猪	5	$P_{Bu}CO_2$ 和 $P_{Si}CO_2$	$P < 0.01$
Baron 等 <sup>[21]</sup>	创伤患者	86	$P_{Si}CO_2$	$P < 0.001$
Soller 等 <sup>[22]</sup>	LBNP 模型,健康成人	30	$SmO_2$ 和 pHm	$P < 0.05$
赵鹏等 <sup>[23]</sup>	失血性休克,大鼠	20	$P_{Bu}CO_2$	$P < 0.01$
Beilman 等 <sup>[25]</sup>	失血性休克,猪	11	$SmO_2$	$R^2 = 0.942$

注: LBNP 模型为下肢负压模型, CRI 为代偿储备指数, HPV 为心脏周期变化性, PP 为脉压, dPP 为脉压差,  $SmO_2$  为肌氧饱和度, pHm 为肌肉 pH 值,  $S_{Bu}O_2$  为口腔黏膜氧饱和度,  $P_{Bu}CO_2$  为口腔黏膜二氧化碳分压,  $P_{Si}CO_2$  为舌下黏膜二氧化碳分压;空白代表无此项

### 1.1 基于血流动力学指标的无创检测方法

1.1.1 PP 和 dPP: 2006 年, Cooke 等<sup>[26]</sup>利用美军外科研究所(U.S. Army Institute of Surgical Research)的数据库,提取了创伤患者从事故现场后送到医院途中的生命体征监测数据,比较了存活患者与因失血性休克而死亡患者的监测数据,发现二者的血压、平均动脉压(MAP)等指数无明显差异,而死亡患者的 PP 却明显降低。随后, Cooke 等<sup>[11]</sup>在基于 LBNP 模型的研究中进一步证实了 PP 参数与失血程度的相关性。

Convertino 等<sup>[12]</sup>在 LBNP 模型中利用无创电子血压计监测并计算 PP 值,结果发现, PP 和 LBNP 程度具有良好的相关性,因此他们得出结论, PP 能够及时反映失血程度和休克深度。dPP 指在大于一个呼吸周期的时间中脉压最大值(PPmax)和最小值(PPmin)的相对差异。Pestel 等<sup>[14]</sup>提出 dPP 与失血程度有很好的相关性,研究者采用梯度失血法将 6 只猪按 5%、10%、20%、30%、40%、50%、60% 的失血量放血直至死亡,然后监测其 dPP 变化,发现 dPP 与失血量具有很高的线性一致性,证明 dPP 可以用于检测失血及休克程度。

DOI: 10.3760/ema.j.issn.2095-4352.2015.11.018

基金项目:国家自然科学基金(81401487)

作者单位:400037 重庆,第三军医大学新桥医院医学工程科

通讯作者:赵鹏, Email: zhaop9@gmail.com

局限性:① PP 的无创监测受限于当前无创测量血压的技术。② 当前测量血压最成熟的袖带压力法在血压低于 45 mmHg 的情况下测量准确性较差。

**1.1.2 R 波振幅:**大量动物和临床研究已经证实中央血容量的减少会改变 R 波振幅<sup>[13,27]</sup>,因此 R 波振幅对于检测休克深度有一定意义。R 波振幅的监测方法是利用心电图机连续无创记录心电图波形,然后将心电图波形信号输入电脑,标记并记录每一次 R 波振幅,利用数据分析软件进行分析。

1983 年, Ishikawa 等<sup>[27]</sup>在临床研究中发现循环血容量和心室血量的减少会造成 R 波和 Q 波的增大,证明体表点位与循环血容量和心室血量相关。McManus 等<sup>[13]</sup>在 LBNP 模型中利用二导联心电图机监测 HR、每搏量(SV)、SBP、舒张压(DBP)、MAP 和 R 波振幅等参数,结果发现 R 波振幅与 LBNP 程度有很强的相关性。因此他们得出结论,二导联心电图机测量的 R 波振幅能够反映失血程度。

局限性:① 利用 LBNP 模型得出的结果只能反映中央血容量变化与 R 波振幅的关系,并没有结合诸如外伤和疼痛等因素。② 仅使用二导联心电图来监测 R 波振幅,不能证明其他导联的心电图能否检测出这种变化。③ 在院前环境下,一些外在因素可能会影响心电图波形,如水肿、体位、噪声信号等。

**1.1.3 HPV:**由于机体的代偿作用,有效循环血容量丢失会导致交感神经兴奋以提升血压。已经有学者证明中央血容量改变和交感神经兴奋性之间存在线性关系<sup>[16]</sup>。但是对于创伤患者来说,直接测量交感神经兴奋性是不切实际的。相关研究表明,测量 HPV 可以反映交感神经和迷走神经的兴奋性,并进一步反映失血程度<sup>[28]</sup>。为表明 HPV,可利用标准四导联心电图机连续无创记录心电图波形,在时域上计算 R-R 间期标准差(RRISD),在频域上将 R-R 间期(RRI)进行快速傅里叶变化,分析频率成分以检测 HPV。

Norris 等<sup>[15]</sup>调查了 1 316 例重症加强治疗病房(ICU)外伤患者发现,时域测量 HPV 能精确预测外伤患者的死亡,证明 HPV 对失血程度具有预测作用。Cooke 等<sup>[11]</sup>在 LBNP 模型中测量了 RRISD 和 R-R 间期高频功率谱(RRIHF),发现 RRISD 与 LBNP 程度有很强的相关性,而 RRIHF 和 LBNP 程度也有很强的线性关系,证明 HPV 对失血性休克严重程度有很好的预测作用。

局限性:① 由于 HPV 的检测依赖于心电图机,因此具有与 R 波振幅检测相同的不足之处。② HPV 的检测需要对心电图进行时域和频域分析,不仅需要专门的软件,且分析周期较长。

**1.1.4 代偿储备指数(CRI):**SI 是反映血流动力学的临床指标之一,可用于粗略估计失血量及休克程度分级。大量研究证明,SI 在创伤性休克早期临床病情判断及病情进展趋势中具有预测作用,但 SI 敏感度较低,且不能真实反映失血程度<sup>[29]</sup>。因此,有学者提出采用新指标 CRI 代替 SI。

研究者认为,无创测量的脉搏波形数据中包含中央血容量减少代偿阶段的数据,于是开发出一种算法能够用来自

动提取波形数据的特征,并不断优化校正,最终得出公式: $CRI=1-BLV/BLV_{HDD}$ 。式中, BLV 表示当前失血量,  $BLV_{HDD}$  表示患者进入血流动力学代谢失调时的失血量。CRI 在从血量正常到 0 (发生血流动力学代谢失调) 代表休克程度由轻到重,并表示在一个标准色表上。

Moulton 等<sup>[9]</sup>在 LBNP 模型中发现, CRI 能够实时反映中央血容量减少。Van Sickle 等<sup>[10]</sup>在此基础上进行了进一步研究,通过比较 CRI 与 SI 的敏感度得到以下结果: CRI 到达 0.6 时需要  $(12.5 \pm 4.9)$  min, 此时 SI 为  $0.61 \pm 0.03$ ; CRI 到达 0.3 时需要  $(20.3 \pm 5.1)$  min, 此时 SI 为  $0.81 \pm 1.40$ 。因此,研究者认为 CRI 是一种改良的“SI”,能更及时地反映失血程度。

局限性:① CRI 缺乏相应的临床研究,只进行过 LBNP 模型实验,因此该指数在临床上评价的有效性尚待证实。② 对 CRI 进行校准需要大量的样本,且不同的个体 CRI 有所不同。

## 1.2 基于氧代谢指标的无创检测方法

**1.2.1 肌氧饱和度(SmO<sub>2</sub>)和肌肉 pH 值(pHm):**失血的生理反应包括为维持重要器官灌注压而产生的血管收缩,次要的器官组织氧合作用减少,同时血液被送到心脏和大脑。基于此生理反应,无创检测 SmO<sub>2</sub> 和 pHm 具有重要意义。

1999 年, Beilman 等<sup>[25]</sup>在猪失血性休克模型中利用近红外光谱技术(NIRS)监测 SmO<sub>2</sub> 证实, SmO<sub>2</sub> 与氧输送(DO<sub>2</sub>)有很强的相关性,而 DO<sub>2</sub> 能够反映失血情况。Soller 等<sup>[22]</sup>在 LBNP 模型中利用 NIRS 监测 SmO<sub>2</sub> 和 pHm 值,证明 SmO<sub>2</sub> 与 LBNP 有很强的相关性,而只有当氧供不能满足组织新陈代谢需求时, pHm 值才发生显著变化。Soller 等<sup>[17]</sup>在猪失血性休克模型中发现,失血期间 SmO<sub>2</sub> 明显减少,而且 SmO<sub>2</sub> 与失血程度有很高的一致性。因此, SmO<sub>2</sub> 能够作为检测失血量和休克深度的一项指标, pHm 值可作为评估低血容量休克早期复苏效果的良好指标。

局限性:① 用于研究的 NIRS 系统很大,需连接光纤电缆,光纤本身易碎,而且该系统需要每日进行校准,因此不适用于院前环境。② LBNP 模型只能模拟失血情况下的血流动力学改变,代谢方面的变化是否与真正的失血一致仍有待研究。

**1.2.2 舌下黏膜二氧化碳分压(P<sub>SL</sub>CO<sub>2</sub>):**在人体的各器官中,胃黏膜的血流灌注最容易受到影响。但对胃黏膜的监测都是有创的,而舌下黏膜血流丰富,是胃肠道的最近端,在功能上属于内脏循环的一部分。因而舌下黏膜可以代替胃黏膜进行监测<sup>[23]</sup>。

Nakagawa 等<sup>[30]</sup>首次发现监测 P<sub>SL</sub>CO<sub>2</sub> 在休克的诊断和评估中很有价值。研究者在大鼠失血性休克和脓毒性休克模型中发现, P<sub>SL</sub>CO<sub>2</sub> 的变化与组织灌注整体指标(MAP、乳酸等)的变化基本一致,因此研究者得出结论, P<sub>SL</sub>CO<sub>2</sub> 能够作为一项反映失血严重程度的指标。Baron 等<sup>[21]</sup>对送入急救室的 86 例创伤性失血患者进行了观察,并分别于入院时,入院后 6、24、48 h,以及失血末期对每例患者 P<sub>SL</sub>CO<sub>2</sub>、乳酸

和碱缺失 (BD) 等参数进行监测。通过分析发现, 3 个参数对于评估失血性休克患者的组织灌注没有明显差异, 具有很高的线性相关性; 并且  $P_{sL}CO_2$  较乳酸和 BD 具有快速、无创的优点。因此, 他们认为无创检测  $P_{sL}CO_2$  在一定程度上能够反映失血情况。

局限性: ①  $P_{sL}CO_2$  监测会受到某些因素 (如口腔细菌、唾液分泌、呕吐物等) 的影响, 同时应避免舌下给药。② 在不同的休克类型中,  $P_{sL}CO_2$  的变化不同, 缺少一个“金指标”来与之比较。

**1.2.3 口腔黏膜氧饱和度 ( $S_{BU}O_2$ ) 和口腔黏膜二氧化碳分压 ( $P_{BU}CO_2$ ):** 由于口腔黏膜与舌下黏膜有相同的内环境, 针对舌下黏膜监测的不足, 一些学者提出口腔黏膜可以作为新的监测部位<sup>[19,23]</sup>。

Pellis 等<sup>[20]</sup> 在猪失血性休克模型中监测了  $P_{BU}CO_2$ 、 $P_{sL}CO_2$  和常规血流动力学指标。通过研究发现,  $P_{BU}CO_2$  和  $P_{sL}CO_2$  具有很高的线性一致性, 而  $P_{BU}CO_2$ 、 $P_{sL}CO_2$  能用于定量检测失血性休克的严重程度<sup>[19]</sup>。

Tiba 等<sup>[18]</sup> 在猪失血性休克模型中利用 NIRS 和共振拉曼光谱 (RRS) 测量  $S_{BU}O_2$ , 研究者将 6 只猪以 30 mL/min 的速度失血 60 min, 使用 NIRS 和 RRS 同时连续无创监测  $S_{BU}O_2$ , 并对混合静脉血氧饱和度 ( $S\bar{v}O_2$ )、中心静脉血氧饱和度 ( $ScvO_2$ ) 进行有创监测。结果发现, RRS 测量的  $S_{BU}O_2$  与  $S\bar{v}O_2$ 、 $ScvO_2$  有很好的相关性; 与之相比, 用 NIRS 测量的  $S_{BU}O_2$  与  $S\bar{v}O_2$ 、 $ScvO_2$  却没有如此好的相关性。而  $S\bar{v}O_2$  和  $ScvO_2$  能够用于迅速发现早期休克、检测休克深度并指导复苏<sup>[31]</sup>。因此他们认为, 与 NIRS 相比, RRS 测定  $S_{BU}O_2$  更为准确, 能及时反映休克程度。

Cammarata 等<sup>[19]</sup> 提出了  $P_{BU}CO_2$  能够用于定量检测失血性休克的严重程度。研究人员在大鼠休克模型中将 4 组大鼠分别放血至其血容量的 25%、30%、35% 和 40%, 然后使用  $CO_2$  传感器连续无创监测  $P_{BU}CO_2$ , 同时监测 ABP、CO、乳酸和 BD。结果发现: 失血约 40% 的大鼠在 1 h 内全部死亡, 失血约 35%、30% 和 25% 的大鼠均存活; 存活组和死亡组之间 ABP、CO、乳酸、BD 差异均无统计学意义。而  $P_{BU}CO_2$  在大量失血大鼠和自愈大鼠之间存在明显差异, 并且在不同失血组间表现出显著差异。因此研究者认为: 当快速失血后,  $P_{BU}CO_2$  比 ABP、CO、乳酸和 BD 更具有预测作用, 能够定量检测失血严重程度。赵鹏等<sup>[23]</sup> 对  $P_{BU}CO_2$  监测装置进行改进, 克服了原有装置的某些缺陷, 通过对大鼠失血性休克模型研究发现,  $P_{BU}CO_2$  与失血程度具有很高的相关性。

局限性: ①  $P_{BU}CO_2$  的检测受温度影响较大。② 该检测方法评价危重患者治疗过程中的有效性尚待证实。

**1.3 其他检测方法:** Rickards 和 Tzeng<sup>[32]</sup> 在 LBNP 模型中利用红外光学体积扫描技术获取血压轨迹, 发现中央血容量减少会造成血压震荡增大, 而这种变化不能被标准医用血压计测量到。

皮肤颜色的改变是失血性休克的标志之一, Cancio 等<sup>[33]</sup> 在猪失血性休克模型中证实, 利用高光谱成像系统监测皮肤

的  $StO_2$  与血容量的变化有很强的一致性。

上述指标在院前环境下应用仍然存在诸多不足, 因而尚需进一步研究。

## 2 讨论

在基于血流动力学指标的检测方法中, R 波振幅和 HRV 需要利用心电图波形, 因而易受到外部环境的影响, 与之相比, PP 和 dPP 更能适应不同环境。但无创测量的血压在低血容量时准确性较差, CRI 能够准确定量反映休克的程度, 但其需要大量实验样本且不具备普适性。此外, 上述研究主要基于 LBNP 模型, 该模型不能模拟失血期间所有的生理反应, 如组织创伤和随后的代谢反应 (酸中毒等)。

相对于血流动力学指标, 氧代谢指标能够直接反映微循环和组织灌注, 对休克程度的评价更为真实有效。其中  $P_{sL}CO_2$  在定量评价失血性休克严重程度方面已经获得了临床认可<sup>[21]</sup>, 但若将其应用于院前还需进一步研究。同时, 尽管  $P_{BU}CO_2$  在检测方法上进行了改进, 但其在临床上的效用仍有待证实。

创伤失血性休克多发于现代战争、自然灾害和重大事故中, 快速、准确、定量评价休克程度对于提高创伤患者院前救治成功率有重要意义<sup>[34-35]</sup>。然而, 目前临床上常用的休克监测指标不能满足现场救治的需求。因此, 近年来国内外学者针对院前特殊环境, 基于血流动力学指标和氧代谢指标提出了不同的无创检测方法, 并对其进行了大量的动物实验和临床研究, 证实部分无创检测指标对于评价休克程度和指导液体复苏具有一定的应用价值。相信通过进一步的深入研究, 如能克服上述无创检测方法的局限性, 将能使其在失血性休克的早期诊断和院前救治中发挥更加重要的作用。

## 参考文献

- [1] 中华医学会重症医学分会. 低血容量休克复苏指南 (2007) [J]. 中华危重病急救医学, 2008, 20 (3): 129-134.
- [2] Feihl F, Waeber B, Liaudet L. The hemodynamics of septic shock: a historical perspective [J]. *Curr Vasc Pharmacol*, 2013, 11 (2): 133-138.
- [3] 王梅. 限制性液体复苏在创伤失血性休克中的临床应用 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2010, 17 (1): 31-33.
- [4] Olausson A, Blackburn T, Mitra B, et al. Review article: shock index for prediction of critical bleeding post-trauma: a systematic review [J]. *Emerg Med Australas*, 2014, 26 (3): 223-228.
- [5] Vohra T, Paxton J. Abnormal arterial blood gas and serum lactate levels do not alter disposition in adult blunt trauma patients after early computed tomography [J]. *West J Emerg Med*, 2013, 14 (3): 212-217.
- [6] 胡森. 无静脉输液条件下低血容量休克救治技术的研究 [J]. 中华危重病急救医学, 2010, 22 (6): 323-325.
- [7] 孙芹, 刘伟, 商显英. 失血性休克患者套管针静脉通路的快速建立法 [J]. 中华危重病急救医学, 2005, 17 (7): 420.
- [8] 赵莲, 王波, 尤国兴, 等. 难逆性失血性休克早期血液流变学变化的研究 [J]. 中华危重病急救医学, 2008, 20 (3): 159-162.
- [9] Moulton SL, Mulligan J, Grudic GZ, et al. Running on empty? The compensatory reserve index [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2013, 75 (6): 1053-1059.
- [10] Van Sickle C, Schafer K, Mulligan J, et al. A sensitive shock index for real-time patient assessment during simulated hemorrhage [J]. *Aviat Space Environ Med*, 2013, 84 (9): 907-912.
- [11] Cooke WH, Rickards CA, Ryan KL, et al. Autonomic compensation to simulated hemorrhage monitored with heart period

- variability [J]. Crit Care Med, 2008, 36 (6): 1892-1899.
- [12] Convertino VA, Cooke WH, Holcomb JB. Arterial pulse pressure and its association with reduced stroke volume during progressive central hypovolemia [J]. J Trauma, 2006, 61 (3): 629-634.
- [13] McManus JG, Convertino VA, Cooke WH, et al. R-wave amplitude in lead II of an electrocardiograph correlates with central hypovolemia in human beings [J]. Acad Emerg Med, 2006, 13 (10): 1003-1010.
- [14] Pestel GJ, Hildebrand LB, Fukui K, et al. Assessing intravascular volume by difference in pulse pressure in pigs submitted to graded hemorrhage [J]. Shock, 2006, 26 (4): 391-395.
- [15] Norris PR, Morris JA Jr, Ozdas A, et al. Heart rate variability predicts trauma patient outcome as early as 12 h: implications for military and civilian triage [J]. J Surg Res, 2005, 129 (1): 122-128.
- [16] Cooke WH, Ryan KL, Convertino VA. Lower body negative pressure as a model to study progression to acute hemorrhagic shock in humans [J]. J Appl Physiol (1985), 2004, 96 (4): 1249-1261.
- [17] Soller B, Smith C, Zou F, et al. Investigation of noninvasive muscle pH and oxygen saturation during uncontrolled hemorrhage and resuscitation in swine [J]. Shock, 2014, 42 (1): 44-51.
- [18] Tiba MH, Draucker GT, Barbee RW, et al. Tissue oxygenation monitoring using resonance Raman spectroscopy during hemorrhage [J]. J Trauma Acute Care Surg, 2014, 76 (2): 402-408.
- [19] Cammarata GA, Weil MH, Castillo CJ, et al. Buccal capnometry for quantitating the severity of hemorrhagic shock [J]. Shock, 2009, 31 (2): 207-211.
- [20] Pellis T, Weil MH, Tang W, et al. Increases in both buccal and sublingual partial pressure of carbon dioxide reflect decreases of tissue blood flows in a porcine model during hemorrhagic shock [J]. J Trauma, 2005, 58 (4): 817-824.
- [21] Baron BJ, Dutton RP, Zehtabchi S, et al. Sublingual capnometry for rapid determination of the severity of hemorrhagic shock [J]. J Trauma, 2007, 62 (1): 120-124.
- [22] Soller BR, Zou F, Ryan KL, et al. Lightweight noninvasive trauma monitor for early indication of central hypovolemia and tissue acidosis: a review [J]. J Trauma Acute Care Surg, 2012, 73 (2 Suppl 1): S106-111.
- [23] 赵鹏, 吴太虎, 郑捷文, 等. 口腔黏膜二氧化碳分压与大鼠失血性休克程度的相关性研究 [J]. 中国科学: 生命科学, 2011, 41 (10): 992-999.
- [24] 卢恒志, 吴太虎, 赵鹏, 等. 组织二氧化碳分压在失血性休克监测中的应用 [J]. 中华危重病急救医学, 2012, 24 (1): 59-62.
- [25] Beilman GJ, Groehler KE, Lazon V, et al. Near-infrared spectroscopy measurement of regional tissue oxyhemoglobin saturation during hemorrhagic shock [J]. Shock, 1999, 12 (3): 196-200.
- [26] Cooke WH, Salinas J, Convertino VA, et al. Heart rate variability and its association with mortality in prehospital trauma patients [J]. J Trauma, 2006, 60 (2): 363-370; discussion 370.
- [27] Ishikawa K, Shirato C, Yanagisawa A. Electrocardiographic changes due to sauna bathing. Influence of acute reduction in circulating blood volume on body surface potentials with special reference to the Brody effect [J]. Br Heart J, 1983, 50 (5): 469-475.
- [28] Omerbegovic M. Alterations of short-term heart rate variability in periinduction period of general anaesthesia with two intravenous anaesthetics [J]. Med Arch, 2013, 67 (4): 233-236.
- [29] Li B, Fanning C, Patel A, et al. Shock index: blunt clinical predictions [J]. Crit Care, 2013, 17 (6): 468.
- [30] Nakagawa Y, Weil MH, Tang W, et al. Sublingual capnometry for diagnosis and quantitation of circulatory shock [J]. Am J Respir Crit Care Med, 1998, 157 (6 Pt 1): 1838-1843.
- [31] Rivers E, Nguyen B, Havstad S, et al. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock [J]. N Engl J Med, 2001, 345 (19): 1368-1377.
- [32] Rickards CA, Tzeng YC. Arterial pressure and cerebral blood flow variability: friend or foe? A review [J]. Front Physiol, 2014, 5: 120.
- [33] Cancio LC, Batchinsky AI, Mansfield JR, et al. Hyperspectral imaging: a new approach to the diagnosis of hemorrhagic shock [J]. J Trauma, 2006, 60 (5): 1087-1095.
- [34] 赵鹏, 郑捷文, 吴太虎. 闭环复苏技术在失血性休克液体治疗中的应用 [J]. 中国生物医学工程学报, 2011, 30 (6): 946-954.
- [35] 赵鹏, 吴太虎, 孙建军, 等. 游离血红蛋白浓度的定量检测方法及其在失血性休克复苏中的应用 [J]. 军事医学, 2012, 36 (3): 225-229, 237.

(收稿日期: 2015-05-15) (本文编辑: 李银平)

## • 科研新闻速递 •

### 急性器官衰竭评分对危重患者预后的预测和验证:

#### 一项大型回顾性队列研究

重症加强治疗病房 (ICU) 病死率的预测模型很大程度上依赖于生理变量,但在大规模回顾性研究中很少有相关内容。当生理变量存在缺失时,另一个可供选择的急性器官衰竭评分可对死亡风险进行分层。有学者在波士顿两家大型教学医院进行了一项大型回顾性队列研究,旨在预测和验证急性器官衰竭评分的效用。研究纳入 1997 年 11 月 3 日至 2011 年 2 月 25 日之间接受重症治疗的 92 800 例患者 (年龄  $\geq 18$  岁)。推导队列为来自布里格姆女子医院的 25 566 例患者,验证队列为来自马萨诸塞州总医院的 57 320 例患者。根据第九次修订的国际疾病分类及临床修改代码组合,确定每位患者存在的急性器官衰竭。主要观察指标为 30 d 病死率。基于 logistic 回归模型创建临床预测模型,分别以年龄、内外科手术患者类型、查尔森合并症指数、脓毒症、入住 ICU 后急性器官衰竭的类型 (呼吸、肾、肝、血液、代谢和神经) 作为变量,描述其对 30 d 病死率的风险。研究通过计算拟合统计量和 c 统计量分别作为模型的校准及 30 d 病死率的失衡。推导队列中 30 d 死亡 5 228 例患者 (14.7%)。临床预测模型可以预测 30 d 病死率。临床预测模型 c 统计量在推导队列为 0.744 7 [95% 可信区间 (95%CI) = 0.74 ~ 0.75], 在验证队列为 0.735 6 (95%CI = 0.73 ~ 0.74)。在推导队列和验证队列, Hosmer-Lemeshow 检验表明模型拟合均良好。在一个确定了 444 例患者急性生理学与慢性健康状况评分系统 II (APACHE II) 评分的较小队列,临床预测模型和 APACHE II 评分对 30 d 病死率预测的差异不显著 ( $\chi^2 = 0.76, P = 0.38$ )。该研究显示:以急性器官衰竭为基础的临床预测模型对危重患者 30 d 病死率可显示出良好的校准和辨别力。与 APACHE II 评分比较,临床预测模型对预测危重患者 30 d 病死率差异不大。因此,急性器官衰竭评分在生理指标无法获得时可作为预测疾病严重程度及危险分层的一个指标。

喻文, 罗红敏, 编译自《Crit Care Med》, 2015, 43 (4): 856-864