

· 综述 ·

# 临床决策支持系统应用于重度烧伤液体复苏的研究进展

陈碧华 李永勤 罗奇志 王开发



## Advances in the research of application of clinical decision support system in fluid resuscitation following severe burn

CHEN Bi-hua, LI Yong-qin, LUO Qi-zhi, WANG Kai-fa. Department of Medical Device and Equipment, School of Biomedical Engineering and Medical Imaging, the Third Military Medical University, Chongqing 400038, China

Corresponding author: WANG Kai-fa, Email: kaifawang@yahoo.com.cn, Tel: 023-68772488

**【Abstract】** Although guidelines and formulas have been developed through clinical practice to define infusion rate and volume, over- and under-resuscitation are still common, followed by increasing morbidity and mortality. In order to establish an effective management for early fluid resuscitation, the clinical decision support system (CDSS) has been established. The CDSS, by utilizing information systems coupled with decision support technology, could provide recommendations for the amount of fluid to be infused based on measured biological response. The results showed that patients treated with CDSS had a significantly lower mortality, increased ventilator-free days, and ICU-free days as compared with those treated with traditional fluid management. This article reviews the concepts as well as the result of recent clinical studies of CDSS for burn patients.

**【Key words】** Decision making, computer-assisted; Severe burn; Fluid resuscitation

**【关键词】** 决策, 计算机辅助; 重度烧伤; 液体复苏

休克期液体复苏在严重烧伤救治中具有关键作用,影响着整体救治的成败<sup>[1]</sup>。当前国内外虽有许多补液指南和补液公式用于指导烧伤患者复苏<sup>[1-3]</sup>,但补液过度或不足的现象仍很常见<sup>[4-5]</sup>,导致患者病死率增加,影响患者的预后,因此烧伤休克期补液量的多少一直是复苏的焦点。为了对烧伤后早期液体复苏建立行之有效的管理方法,在结合传统补液公式的基础上,利用临床决策支持系统(clinical decision support system, CDSS)和患者的实时监测生理

指标调整补液,已成为近年来烧伤复苏研究的新趋势,该方式可明显缩短患者应用呼吸机时间及 ICU 住院时间、降低患者病死率。本文就 CDSS 的概念以及其用于指导临床救治烧伤患者的研究进展进行综述。

## 1 CDSS 的概念

CDSS 是指在对疾病诊断和治疗过程中相关指标进行数学建模的基础上,利用计算机软件实现临床互动的决策系统。该系统是医学人工智能领域的一个重要方向<sup>[6]</sup>,能帮助医师和相关人员分析问题并进行辅助决策。该系统主要由动态(医学)知识库、推理机制(通常是指来源于专家和循证医学的一套规则)以及基于计算机语言的医疗逻辑模块几个部分组成,因此数学、物理与信息科学中的许多方法都可用于其中从而提高卫生保健的效能。

## 2 CDSS 的国内外相关研究

### 2.1 国内研究

通过对 Bert 等<sup>[7]</sup>提出的微循环液体和蛋白交换的数学模型进行改进,马永沂和肖玉瑞<sup>[8-9]</sup>建立了烧伤休克期患者体液和蛋白平衡的数学模型。该模型利用循环血浆、肌肉、非烧伤皮肤和烧伤皮肤 4 个均匀房室来模拟人体体液发生交换的部位,假定在组织房室之间无直接的液体和血浆蛋白交换,所有的交换均仅发生在每个组织房室与循环血浆房室之间,液体容量和蛋白量分别满足流体连续性原理或物质守恒定律,由此得到一组包含 8 个非线性微分方程的烧伤休克期患者体液和蛋白平衡的数学模型。该模型既可仿真分析烧伤患者整个休克期内的情况,包括全身水肿、局部水肿、血浆蛋白浓度等指标的变化趋势,又可为临床提供循环血浆容量变化等生理量的估计值。

随后马永沂等<sup>[8-10]</sup>学者采用该数学模型,分别对 5 例和 12 例烧伤患者的循环血浆容量、血浆蛋白浓度、红细胞比容和电解质的变化实行目标控制的计算机仿真分析,以此为基础得到一个优化的抗休

DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2013.01.019

作者单位:400038 重庆,第三军医大学生物医学工程与医学影像学院医学仪器与卫生装备学教研室(陈碧华、李永勤、王开发);第三军医大学西南医院全军烧伤研究所,创伤、烧伤与复合伤国家重点实验室(罗奇志)

通信作者:王开发, Email: kaifawang@yahoo.com.cn, 电话:023-68772488

克复苏补液方案。随后他们又对 36 例烧伤患者(试验组)利用该模型实行目标控制的计算机仿真技术进行液体复苏,并与采用经验公式复苏的 32 例烧伤患者(对照组)进行比较分析。结果显示,与对照组患者相比,试验组患者能更加平稳度过休克期,同时水肿程度较轻,并发症较少,平均住院时间更短,医疗费用较低( $P$  值均大于 0.05)<sup>[10-11]</sup>。然而,这种基于计算机仿真技术的数学模型既不能反映烧伤的渗出规律,也未考虑烧伤面积及深度的影响,同时未经过大样本、多中心的临床验证。

### 2.2 国外研究

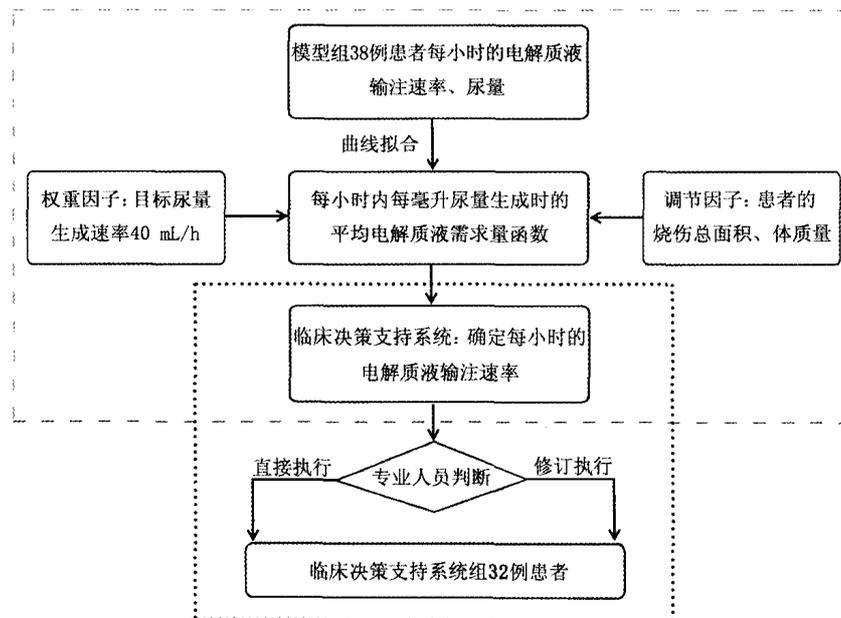
美国布鲁克陆军医疗中心烧伤 ICU 针对烧伤总面积大于 20% TBSA 患者的休克期复苏方案开发了 CDSS<sup>[3]</sup>。他们针对 2004 年 11 月—2007 年 2 月收治的 38 例成年患者(烧伤总面积大于 20% TBSA)的数据进行分析,包括每小时的电解质液输注速率、每小时尿量、液体入出量比,并对休克期内电解质输注速率和尿量进行曲线拟合后分别获得一个优化拟合函数。根据估计的每小时内生每毫升尿量时所需要的平均电解质质量,导出流体反应方程模型。同时,将目标尿量平均生成速率设定为 40 mL/h,针对患者的烧伤面积和体质量调节因子构建方程调节器,以便根据这些个体化的参数来调整建议值。最后利用 Java 语言对构建的模型进行编程,转换为一个开环的 CDSS,自动对患者每小时的电解质输注速率和策略给出建议。见图 1。

2007 年 11 月—2009 年 1 月,美国布鲁克陆军医疗中心烧伤 ICU 应用 CDSS 对收治的 32 例严重

烧伤患者(CDSS 组)进行液体复苏(图 1),并与模型组进行比较。结果表明,2 组患者在年龄、体质量、烧伤总面积等方面比较,差异均无统计学意义( $P$  值均大于 0.05);CDSS 组患者的休克期内电解质总输入量、ICU 内电解质总输入量、伤后第 1 个 24 h ICU 内电解质输入量、根据体质量计算的电解质输入量( $\text{mL}/\text{kg}$ )、根据体质量与烧伤面积计算的电解质输入量( $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \% \text{TBSA}^{-1}$ )等指标均低于模型组( $P$  值均小于 0.05);CDSS 组每小时尿量达到目标值的患者数量均多于模型组。由此可见,在 ICU 内利用 CDSS 可提高烧伤患者的复苏效果,显著降低病死率( $P$  值均小于 0.05),显著增加患者脱离 ICU 的时间和脱离呼吸机的时间( $P$  值均小于 0.05)。该研究提供了一个利用信息和决策支持技术有效改善和提高患者疗效的应用实例,《Critical Care Medicine》在同期对文献[3]的研究结果进行了编辑述评<sup>[12]</sup>,评价了该系统在烧伤液体复苏中应用的效能,并提出了 4 种不同的 CDSS 设计方案,包括开环控制系统、闭环控制系统、集成决策系统和人工神经网络决策系统。然而,该研究采用的监测指标只是患者的尿量,虽然 30~50 mL/h 的尿量是公认目标值,但是否为最佳值有待探讨。另外,人体是一个非常复杂的系统,单一采用尿量监测作为复苏的最终评价指标,不能反映体循环和微循环的状态,需要进一步的大样本和多中心临床验证。

### 3 结语与展望

目前国内外学者已总结出了如 Evans 公式、Brooke 公式、Parkland 公式、南京公式和第三军医大学公式等用于烧伤患者休克期补液<sup>[1-3]</sup>,这些公式通常要求伤后 24 h 内输入乳酸林格液  $2 \sim 4 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{TBSA}^{-1}$ ,并保持每小时尿量控制在 30~50 mL/h 之间。然而,一项涉及 31 个烧伤研究的 Meta 分析表明,按照 Parkland 公式补液的患者中平均补液量超过估计值的比例高达 86%<sup>[4]</sup>,进而造成过度复苏。国内的研究亦显示,临床医师补液往往存在“宁多勿少”的心理倾向<sup>[5]</sup>。补液过量可能会引发创面进行性损害加重、全身感染、深部烧伤凝血区域组织坏死、腹腔间隙综合征等并发症。目前在烧伤临床工作中,尤其是在非专科中心的区域医院和大规模人员伤亡的情况



注:此图来源于文献[3];虚线框为系统构建框图,点线框为系统应用框图

图 1 美国布鲁克陆军医疗中心烧伤 ICU 临床决策支持系统的构建与应用示意图

下,很难做到精确控制补液量以及根据患者的实际情况计算和推导适合的补液速率。

随着数字技术、传感器技术、计算机技术和自动化技术在医学领域的广泛应用,对患者各种生理信息的连续采集与监测日渐普及。为了更加科学有效地为烧伤患者进行休克期复苏补液,减少复苏并发症的发生率和病死率,在参考不同补液公式的基础上,把补液公式视为治疗的初步计划,并依据患者的尿量和心率、血流动力学、心排出量等相关生理参数随治疗时间的变化,运用计算机自动化决策技术为患者提供优化、个体化的液体复苏方案,是保证患者平稳度过休克期,提高复苏成功率的有效途径。

有研究证实,CDSS 具有减少医疗失误和药物不良反应、提高护理质量、提高临床路径和指南的遵从性、提高保健(护理)进程的效率等优势<sup>[6]</sup>。但无论是基于微循环和蛋白平衡的数学模型,还是基于尿量测量的 CDSS,都未引入电解质平衡和烧伤对细胞破坏的机制,更不能客观评价患者微循环是否良好,因而无法适应患者病情的动态变化。此外,由于现有的复苏指标检测尚不能实现自动化和智能化,采用需要人工观察复苏指标的决策系统进行补液调整,反而增加了临床医务人员的工作量,难以普及和推广<sup>[3]</sup>。因此构建基于监测—决策—补液复苏治疗的全智能化系统,缩短复苏指标的检测时间,并根据患者的病情进行个性化复苏,以达到补液量更符合患者实际需要的目的,是烧伤复苏自动化的最终需要。

根据烧伤患者休克期循环血浆容量的变化模式<sup>[11]</sup>和伤后第 1 个 24 h 内补液量与伤后时间的关系图<sup>[3]</sup>,我们认为烧伤后每小时的尿量、血浆总蛋白浓度、红细胞比容、平均动脉压、平均静脉压、微循环毛细血管壁上液体和蛋白的通透系数等参数,均对患者体内液体和蛋白质平衡具有显著影响,并且患者的身高、体质量、性别、年龄、烧伤面积、烧伤深度和烧伤后延迟入院时间也与抗休克复苏的效果相关。另外,由于烧伤液体复苏是一个典型的非线性过程,只可能由复杂的非线性方程而不是之前研究采用的线性方程来模拟。因此,应用基于多参数非

线性模型的 CDSS 指导临床液体复苏的补液过程将是未来的发展趋势。

综上所述,对于烧伤休克期复苏,应用具有专家技能和知识的自动化决策系统进行辅助治疗变得越来越重要<sup>[4,12-13]</sup>。目前现有的基于单输入参数的自动化决策系统和基于线性模型的液体复苏方案,尚无法满足临床治疗的个体化和科学化要求,需要完成由单一的监测指标调控补液过渡到综合体循环、微循环和氧代谢的相关指标指导复苏的转变,相关研究值得进一步多学科协作和深入探讨。

#### 参考文献

- [1] 黎鳌. 黎鳌烧伤学. 上海:上海科学技术出版社,2001:51-62.
- [2] 汪家莹,张西联,孙胜,等. 高原地区严重烧伤休克期补液公式探讨. 青海医药杂志,2010,40(9):6-9.
- [3] Salinas J, Chung KK, Mann EA, et al. Computerized decision support system improves fluid resuscitation following severe burns: an original study. Crit Care Med, 2011,39(9):2031-2038.
- [4] Salinas J, Drew G, Gallagher J, et al. Closed-loop and decision-assist resuscitation of burn patients. J Trauma, 2008,64 Suppl 4:S321-332.
- [5] 韩春茂. 为什么烧伤休克液体复苏的争论这么大——证据的来源分析. 实用医学杂志,2010,26(11):1874-1876.
- [6] Coiera E. Guide to health informatics. 2nd ed. New York: Oxford university press, 2003.
- [7] Bert JL, Bowen BD, Gu X, et al. Microvascular exchange during burn injury: II. Formulation and validation of a mathematical model. Circ Shock, 1989,28(3):199-219.
- [8] 马永沂,肖玉瑞. 烧伤休克期病人液体平衡的数学模型及计算机仿真. 生物医学工程学杂志,1993,10(1):52-58.
- [9] 马永沂,肖玉瑞. 烧伤病人的计算机仿真及初步临床验证. 生物医学工程学杂志,1994,11(4):323-329.
- [10] 马永沂,廖镇江. 系统控制的计算机仿真——应用于烧伤抗休克复苏临床治疗. 生物医学工程学杂志,1997,14(3):269-273.
- [11] Ma Y, Liao Z, Zhao X. Computer simulation of system control-application in designing on anti-shock resuscitation therapy for burn injured patients. Journal of Shanghai Second Medical University, 1999,11(1):269-273.
- [12] Bracco D. Burn fluid resuscitation: let the autopilot do it! Crit Care Med, 2011,39(9):2178-2180.
- [13] Yan J, Wang K, Zeng Y, et al. A bio-mathematical model of time prediction in corneal angiogenesis after alkali burn. Burns, 2007,33(4):511-517.

(收稿日期:2012-05-29)

(本文编辑:莫愚)

《中华烧伤杂志》网站全面升级 欢迎浏览 “http://www.zhsszz.org”

更好看 更实用 更方便