

院前急救资源优化配置大数据分析

窦清理 张文武 朱华栋 徐军 陈牧锋 苗俊刚

【摘要】目的 以深圳市宝安人民医院院前科为考察对象, 研究分析院前急救空间数据分布特征, 从而实现急救网络分布与急救区域需求的优化匹配。**方法** 通过实现急救车智能化改造而获得院前急救空间大数据并进行分析, 最终获得院前急救热域分布图, 基于热域图进行院前急救空间分布模型数据特征分析。**结果** 得出了院前急救三个空间数据特征, 即①非均匀特征; ②相对稳定特征; ③个体差异特征。本文基于院前非均匀相对稳定特征提出了一种院前非均匀相对稳定模型的建模方法, 并应用规划数学探讨了院前医院站点优化计算分布。**结论** 这三个特征提供给我们深入认识院前急救, 更好地把握院前急救提供了新方法和新的决策依据。

【关键词】 院前急救; 首次医护接触位置; 非均匀; 相对稳定; 最佳规划; 大数据

Optimum allocation for pre-hospital resource with big data analysis

Dou Qingli, Zhang Wenwu, Zhu Huadong, Xu Jun, Chen Mufeng, Miao Jungang

Emergency department, The people's hospital in Baoan, Shenzhen 518100, China (Dou QL, Zhang WW);

Emergency department, Peking Union Medical College Hospital, Beijing 100037, China (Zhu HD, Xu J);

Shenzhen Liluya e - Tech Co, Ltd., Shenzhen 518020, China (Chen MF); Beijing Key laboratory of

Microwave Sensing and Security Applications, BUAA, Beijing 100191, China (Miao JG)

Corresponding author: Zhang Wenwu, Email: zww5@sina.com

【Abstract】Objective To This article mainly takes the Shenzhen Baoan people's Hospital pre - hospital department as the observation object, analyses the spacial site data distribution of pre - hospital, to realize optimum allocation for pre - hospital resource. **Methods** By means of the intelligentized ambulance, the site data of the pre - hospital is obtained, so is the pre - hospital hot map. With the hot map, the special pre - hospital characteristics is researched. **Results** The three spatial data characteristics of pre - hospital medical are proposed, i. e., non - uniform, relative stability, individual difference. **Conclusions**

These three characteristics provide us with a new method and a new basis for decision making. In this paper, based on the pre - hospital characteristic, a modeling method of non - uniform relative stability model is proposed, and the optimized distribution of hospital site is discussed by applying planning mathematics.

【Key words】 Pre - hospital medical; FMC position, Non - uniform; Relatively stable, Optimum planning; Big data

在院前急救工作中涉及众多需要决策的重要问题, 我们不仅仅需要掌握院前急救出车量数据, 更需要了解其院前急救首次医护接触 (first medicine contact, FMC) 空间区域分布状况, 从而更全面揭示院前工作特性^[1-5]。到目前为止, 对于院前急救的空间数据特征研究基本处于空白, 这一状况与院前急救

事业的高速发展是不相匹配的。

1 空间大数据的获取

院前急救涵盖发病现场初级 BLS 救助以及急救车到达后首次医护接触 FMC 所提供的高级救助 ALS^[6]。就急救车而言, 在大急诊急救体系内急救

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2017.10.022

基金项目: 深圳市科技研发资金 (JCYJ201604271912135)

作者单位: 518100 广东省深圳, 深圳市宝安区人民医院急诊科 (窦清理、张文武); 100730 北京, 北京协和医院急诊科 (朱华栋、徐军); 518020 广东省深圳, 深圳利路亚电子科技有限公司 (陈牧锋); 100191 北京, 北京航空航天大学微波感知与安防应用北京市重点实验室 (苗俊刚)

通信作者: 张文武, Email: zww5@sina.com

车可以理解为急诊部门前出医疗单元，它包含众多变量，如医护人员状态信息、患者信息、医疗设备信息、车辆环境信息等^[7-8]，所有这些变量可以归纳为三大变量即人、物、车，分别用 X1、X2、X3 代表^[9-10]。通过车载智能传感器，实现对急救车辆智能化轻改造，可获得变量组数据 [X1, X2, X3]，经移动互联网（4G）传至云端计算服务器，形成物联网，云端服务器依据人工智能神经元模型对各个变量分别进行滤波和加权计算，同时将医疗设备数据实时转发至急诊部门，系统架构如图 1 所示。

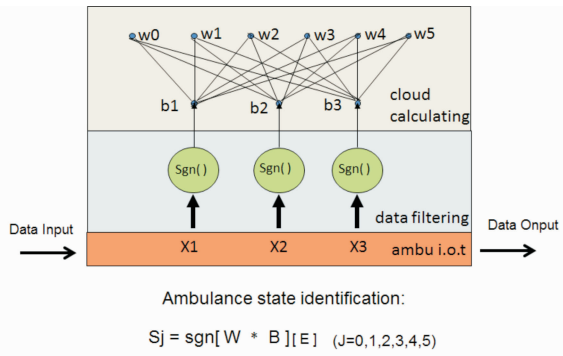


图 1 院前急救云计算模式

Fig 1 Pre-hospital first aid cloud computing mode

在这样的云计算架构体系上，普通急救车辆已成为云支撑的具有较高智能化水平的急救车辆，其中自动实现急救出车时间数据记录如 FMC2D 时间等是其重要特征，同时实现自动跟踪车辆运行环境状态，实时传输车上病患体征数据，实时传输车上视频影像和问诊语音信息等等，此架构模式也为急救车智能化进一步发展如智能循迹行驶等应用奠定了基础。图 2 所示是急救出车救治链时间节点识别记录及出车里程、时长数据的截图示意，这些院前数据为我们管理院前过程，提高急救临床预后效果提供了相关评价依据。

出车时间	到达现场时间	离开现场时间	到达医院时间	返回站点时间
2017-08-28 13:47:57	2017-08-28 14:40:10	2017-08-28 15:00:35	2017-08-28 15:50:15	2017-08-28 15:57:48
2017-08-27 21:04:52	2017-08-27 21:18:33	2017-08-27 21:34:27	2017-08-28 12:51:51	2017-08-28 13:12:54
2017-08-27 16:48:32	2017-08-27 17:12:47	2017-08-27 17:18:07	2017-08-27 17:41:53	2017-08-27 17:43:29
2017-08-27 11:32:54	2017-08-27 11:38:59	2017-08-27 11:43:45	2017-08-27 11:46:24	2017-08-27 12:03:42
2017-08-27 08:11:32	2017-08-27 08:18:12	2017-08-27 08:22:53	2017-08-27 08:27:25	2017-08-27 08:45:29

图 2 智能急救车的时间里程数据

Fig2 Time mileage data of intelligent ambulance

本计算系统采用 B/S 架构，十分便利与各级医院和急救中心以及个人用户应用连接，实现资源共享，有利于大急诊急救体系低成本建设扩展。

本文重点关注院前 FMC 时间和 FMC 空间位置分布数据及叠加，通过对大数据分析观察，实现对院前急救空间数据特征研究目的。

2 院前急救 FMC 热域色谱图分析

基于急救车智能化轻改造并联网云计算应用，通过 FMC 空间数据分布积累，实现基于电子地理信息系统 GIS 的 FMC 热域色谱图^[11-12]。图 3 所示为深圳宝安区人民医院急诊医学部院前科急救出车数据热域色谱图。

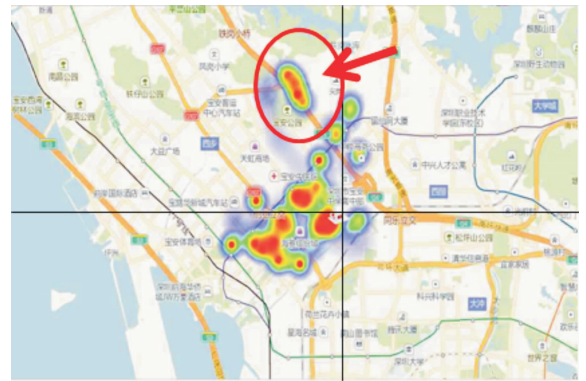


图 3 宝安医院 FMC 热域色谱图

Fig 3 FMC thermal domain chromatogram in the people's hospital in Baoan

从图 3 院前 FMC 热域色谱图上看，宝安医院急救热域集中偏重在第二、三象限。

图 4 所示是另一急救单位连续 3 个月时间段急救 FMC 热域色谱分布图。很明显这家单位院前急救热域则较为偏重集中于第一象限 45 度极角方向上。



图 4 急救热域 3 个月时间段色谱示意图

Fig 4 Schematic diagram of the first emergency heat domain in March time

从以上观察可知，FMC 急救热域分布并不是像过去认为的均匀分布的，恰恰相反，一个地域的院前急救需求具有随这个地域的社会属性分布不同而不同，具有冷热不均的区域特征，图 5 是基于热域图上的区域网格化示意图，很明显，每个网格内的急救冷热程度差距明显。

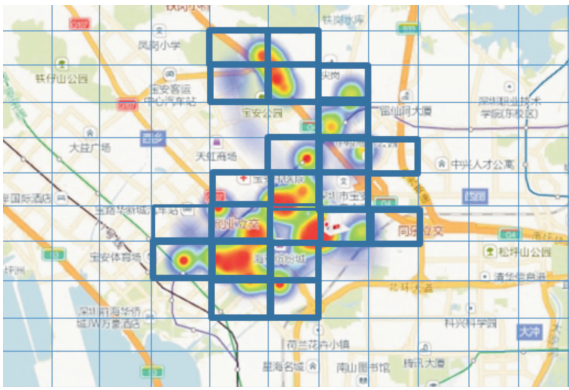


图 5 均匀化网格与非均匀分布示意图

Fig 5 Schematic diagram of uniform grid and non-uniform distribution

我们可以借助于精准医疗的“基因组学”数据概念来解释这一现象。组学数据概念在院前急救空间数据的研究中转变为城市区域功能和人口分布特征，也就是说区域功能（行政功能、产业功能等）及人口分布与其对应的院前急救资源需求是不同的，由此产生出急救热域色谱分布的非均匀特征，即是不同区域具有不同的宏观“习惯”行为，从而形成一个城市独特的院前个性化宏观“组学基因”数据特征^[13-14]。

综上所述，我们可以得出院前急救小样本研究的三个数据特征如下：（1）非均匀性特征：一定范围内院前急救是空间非均匀分布过程；（2）相对稳定特征：院前急救在某些区域的发生概率是相对稳定的。这个现象将为定量分析区域急救需求提供数据依据；（3）个体差异特征：不同医院（站点）其热域分布是不相同的。

上述三个特征为重新认识院前急救，更准确把握院前急救决策模式提供了一定基础素材，同时也提出了一个对于院前急救观察的全新角度。本文重点将对非均匀相对稳定特征的应用举例描述。

在图 3 中我们还发现一个有趣现象，如图 3 中箭头所指红圈区域是针对宝安公园发生的急救 FMC 现场点，它们有序地分布在公园门口区域，这一现象提醒着我们公共场合急救资源投放如 AED 设备的设置应当尽可能重点布置于类似大门口等特别显著的公共区域如图 6 所示，而不应均匀分布于公共场合内，符合万立东等^[15]的建议。

3 院前急救非均匀模型应用

按区域均匀分布院前急救资源是院前工作习惯为常的常规决策方法，包括急救站点的均匀分布、

急救车辆和人员及物资分配等。然而实际情况是“平均”的院前工作决策模式常常使得院前急救资源处于“供不应求”或者“供大于求”的尴尬境地，在这种情况下不断加大投入实际上是很难解决这个问题，甚至相反会带来更大的浪费。这就提出了差异化院前急救模式问题，以及解决差异化问题的方法。

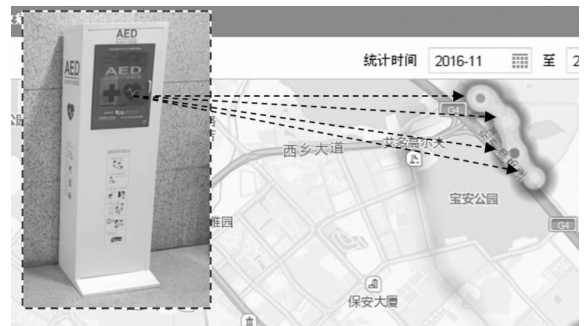


图 6 AED 合理分布投放位置示意图

Fig 6 AED distribution position schematic diagram

院前非均匀相对稳定分布特征给我们思考差异化院前急救问题提供了数据基础，使我们可以根据区域分布的冷热差异化状况区别对待，即根据不同区域的不同“热量”定量计算各区域急救需求“强度”，同时我们也可以定量分析各急救需求区域“重心”点，量化区域院前急救的“需求分布”。下面以两例具体应用说明院前急救数据特征的实际用途。

例 1：高效建立宝安区网格化初级救护员队伍。

为了实现对危急重症患者如心搏骤停患者提供早期心肺复苏，深圳市宝安区开始筹建一支具有初级救护技能的社会队伍，这支队伍以现有网格化区域管理员为基础，通过展开对其心肺复苏技能培训，实现在宝安区内初级救护员队伍的覆盖。这里的问题是如何高效快速地建立起这支队伍，使之发挥应有的作用。如果我们按照原有均匀网格分布模型方法从上至下，从左至右地展开培训工作，可想而知，这样做的结果是使用较大的工作量却只能取得一个低速低效率的推进结果，事倍功半。

这里我们应用区域内非均匀相对稳定模型来快速解决覆盖问题则能起到立竿见影的效果。以宝安医院院前热域图如上图 5 所示为例，如果我们优先对热域网格人员组织培训，则可在相对短时间内达到快速覆盖区域急救需求 80% 以上区域，见图 5 粗线网格域。因此，这样基于空间大数据决策的工

作方法其工作效率将大大提高，事半功倍！

例 2：最优急救医院站点部署规划。

这里我们仅从最优化的角度观察区域急救需求与急救资源的匹配关系。如图 7 所示首先将急救热域区块化，以区块重心点为中心即可得如图 8 所示院前非均匀需求模型，图中 S_j ($j = 1, 2, \dots, 10$) 代表急救热域区块中心点。图 9 是该区域内所有医院相对于急救热域的空间分布状况， h_i ($i = 1, 2, \dots, 12$) 表示急救区域内分布的医院站点，显示出院前急救需求与供给对应关系。

为实现最优效率供给覆盖，即如何使用最少医院站点满足急救覆盖需求。这里我们设 1-0 变量 $x_{ij} = [1, 0]$ (当 h_i 承担 S_j 区域急救时为 1, 反之为 0)，则按图 9 供给系统总体最小距离成本 Z 的数学模型为： $\min Z = \sum \sum C_{ij}x_{ij}$ ($i = 1 - 12, j = 1 - 10, C_{ij}$ 为医院相对急救点分布距离值)。

这里我们不对上式具体求解过程进行繁琐描述，仅给出依据图 9 系统问题在最短总距离原则下最优规划医院站点分布解为 $H = [h_2, h_5, h_6, h_{11}]$ 见图 10。由图 10 可知，在图 9 中的 12 家医院中选取如图 10 的 4 家医院即可实现图 7 区域的急救需求覆盖。根据每个点 S_j 的“热量”我们可以进一步给出各家医院所应承担的任务量，根据任务量又可以定量计划具体装备车辆、具体设备及药品量分配^[12-13]。上述这一优化计算过程简要说明了基于院前非均匀相对稳定特征模型的最优急救医疗资源的规划匹配计算。值得注意的是，从目前我国急诊学科建设的角度看，将有限的资源集中在几个重点医院部门更有利于突出样板建设效果，以点带面推动整个地区急救急诊水平发展。将规划数学方法应用于差异化院前急救可以形成一套新的院前急救方法论体系，从而促进大急诊急救理论体系进步发展。

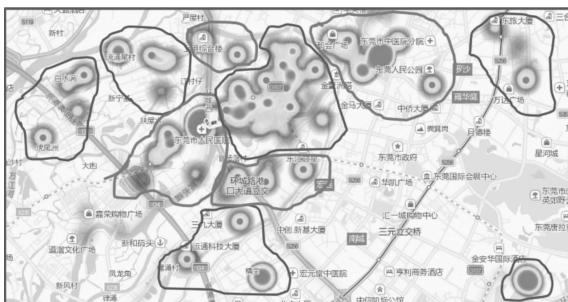


图 7 热域区块化及其“重心”分布

Fig 7 The distribution of thermal domain block and its center of gravity

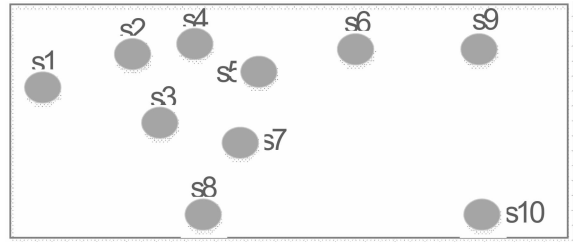


图 8 院前非均匀需求模型提取

Fig 8 Pre-hospital non-uniform demand model extraction

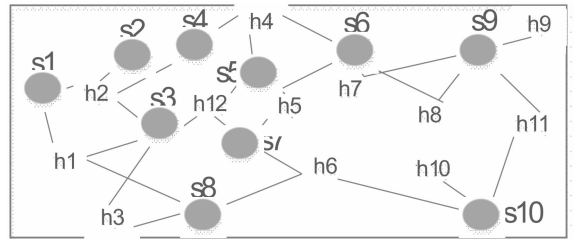


图 9 急救医院站点与急救需求分布示意

Fig 9 The distribution of first aid hospital site and emergency demand

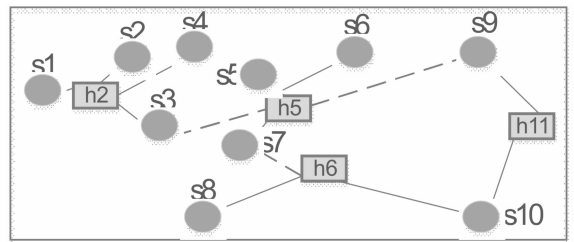


图 10 最优规划医院站点分布

Fig 10 Optimal planning hospital site distribution

需要说明的是，根据图 5 观察的院前色谱云图其边界分布实际在一段时期会发生改变，因此最优院前资源分配决策也需要对应随之而变，差异化院前急救模式是需求与供给优化匹配的动态过程，也是计算服务系统不断迭代计算的辅助决策过程。

本文针对深圳宝安人民医院院前模型在差异化院前急救方面进行了研究探讨，抛砖引玉，不足之处在所难免。正如大家所知，“院前”是一个复杂领域，还需要更多深入工作，发现其规律，为我们实际工作提供更多理论依据。我们也期待着与急诊急救广大同仁展开更多合作，推动我国院前工作进一步提高发展。

参考文献

[1] Russell SW, Farrar IR, Nowak R, et al, Evaluating the management of anaphylaxis in US emergency departments: Guidelines vs. practice [J]. World J Emerg Med, 2013, 4 (2): 98-106. DOI: 10. 5847/wjem. j. 1920 - 8642. 2013. 02. 003

[2] Ringh M, Rosenqvist M, Hollenberg J, et al. Mobile-phone dispatch of laypersons for CPR in out-of-hospital cardiac arrest

[J]. N Engl J Med, 2015, 372 (24): 2316-2325. DOI: 10.1056/NEJMoal406038.

[3] 李子龙, 徐杰丰, 李哲, 等. 院前公众自救互救系统的设想与构建—一键自救 [J]. 中华急诊医学杂志, 2016, 25 (9): 1129-1132. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2016.09.007.

[4] 李光明, 周华, 盛学岐, 等. 急救分中心分布合理性的探讨 [J]. 中华急诊医学杂志, 2015, 24 (10): 1107-1110. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2015.10.014

[5] 王皓瑜, 邓江, 杜佳楠, 等. 基于大数据分析的精准营销服务平台研究 [J]. 中国金融电脑, 2014, 8: 40-44. DOI: 10.3969/j.issn.1001-0734.2014.08.009

[6] 王磊, 沈爱玲, 贺云龙. 完善我国院前急救体系的探讨 [J]. 中国医药导报, 2014, 11 (17): 156-159. DOI: 1673-7210 (2014) 06 (b) -0156-04

[7] 赵清石, 张森, 徐婷婷. 急救车数字化信息管理系统的研发与应用 [J]. 护理学报, 2016, 23 (20): 13-16. DOI: 0.16460/j.issn1008-9969.2016.20.013.

[8] 何海霞. 精细化管理应用于急救车管理 [J]. 现代预防医学, 2011, 38 (13): 2506-2507. DOI: 1003-8507 (2011) 13-2506-02.

[9] 陈牧锋, 潘晓宁. 移动急救医疗信息一体化设计与实践 [J].

深圳信息技术学院学报, 2012, 10 (1): 43-47. DOI: 1672-6332 (2012) 01-0043-05.

[10] 陈牧锋, 仲毅俊. 急救车载人员及设备 RFID 应用研究 [J]. 自动化技术与应用, 2013, 32 (5): 21-23. DOI: 1003-7241 (2013) 05-0021-04.

[11] Bourqui J, Okoniewski M, Fear EC. Balanced antipodal vivaldi antenna with dielectric director for near-field microwave imaging [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2010, 58: 2318-2326. DOI: 10.1109/TAP.2010.2048844.

[12] Gibson, P.J. The Vivaldi Aerial [C]. in Proc. 9th Eur. Microw. Conf., Brighton, U. K., 1979: 101 - 105. DOI: 10.1109/EUMA.1979.332681.

[13] 张晖, 弓孟春, 徐军, 等. 中国精准急诊医学的应用体系规划探索 [J]. 中华急诊医学杂志, 2016, 25 (10): 1219-1223. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2016.10.001.

[14] Wright CF, Fitzgerald TW, Jones WD, et al. Genetic diagnosis of developmental disorders in the DDD study: a scalable analysis of genome-wide research data [J]. Lancet, 2015, 385 (9975): 1305-1314. DOI: 10.1016/S0140-6736 (14) 61705-0.

[15] 万立东, 李贝, 刘小龙. 北京市院前急救患者流行病学分析 [J]. 中华急诊医学杂志, 2007, 16 (5): 551-553. DOI: 10.3760/j.issn:1671-0282.2007.05.030.

· 综述 ·

危重病相关皮质类固醇激素不足诊断争议和进展

胡文庆 宋红转 顾娟仙 崔巍 张根生

危重病相关皮质类固醇激素不足 (critical illness related corticosteroid insufficiency, CIRCI) 是指在危重病状态下, 下丘脑-垂体-肾上腺轴 (hypothalamic-pituitary-adrenal axis, HPA 轴) 出现功能障碍 (肾上腺皮质功能不全), 和 (或) 糖皮质激素抵抗导致皮质类固醇激素绝对或相对数量和 (或) 活性不足, 进而导致机体抗炎效应和维持循环稳态等适应应激能力减弱^[1]。危重病患者 CIRCI 总发生率约 20%, 在感染性休克中则高达 50% ~ 60%^[2-3], 一旦发生 CIRCI, 病死率增加 10% ~ 35%^[2,4-6]。CIRCI 常见临床表现为难治性低血压^[2], 其诊断主要依据 2008 年美国和欧洲的专家共识^[1], 即随机血清总皮质醇低于 10 μg/dL, 和 (或) 给予静脉或肌肉注射 250 μg 促肾上腺皮质激素 (adrenocorticotrophic hormone, ACTH) (ACTH 刺激试验)

后血清总皮质醇上升低于 9 μg/dl (248 nmol/L)。然而, 该诊断标准存在较大争议 (详见下文)。因此, 本文就 CIRCI 发生的可能机制以及 CIRCI 诊断标准争议和进展进行综述。

1 危重病状态下 HPA 轴功能的变化

危重病状态下 HPA 轴功能的变化存在一定的特点, 具体如下: (1) 皮质醇清除减少。危重症状态下肝、肾等组织皮质醇代谢酶, 如 5α 和 5β 还原酶 (reductase) 以及 2 型 11β-羟固醇脱氢酶 (11β-Hydroxysteroid dehydrogenase type 2, 11β-HSD2) 受到抑制, 皮质醇降解代谢明显抑制^[7-9], 使得危重病尤其是感染性休克患者的皮质醇清除甚至可以降低至健康人的 1/5^[7,10]。(2) ACTH-皮质醇分离。由于皮质醇清除受损, 皮质醇体内蓄积, 对 HPA 轴负反馈抑制, ACTH 水平可能下降、恢复正常甚至低于正常水平^[7-8,11]。脓毒症时下丘脑核一氧化氮 (NO) 诱导型合成酶 (iNOS) 过度表达, NO 大量释放, 导致下丘脑核附近的神经元和神经胶质细胞凋亡, 也可减少 CRH/ACTH 分泌^[12]。此外, 危重症时常用镇痛药物 (如阿片类) 能抑制 CRH 诱导 ACTH 分泌, 导致 ACTH 水平下降^[13]。(3) 危

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2017.10.023

基金项目: 国家自然科学基金青年基金 (81570017); 浙江省医药卫生科技计划项目 (骨干人才 A 类) (2016RCA014)。

作者单位: 310009 杭州, 浙江大学医学院附属第二医院重症医学科 (胡文庆为在职硕士研究生、崔巍、张根生); 314400 浙江省, 海宁市人民医院 (上海长海医院海宁分院) 重症医学科 (宋红转、顾娟仙); 胡文庆和宋红转为共同第一作者

通信作者: 张根生, Email: genshengzhang@zju.edu.cn