

# 基于时间序列模型的输血质量管理方法应用及探讨\*

朱 驰<sup>1</sup>, 赵皇伟<sup>2</sup>, 于思远<sup>1</sup>, 杨 冀<sup>1</sup>

(1. 同济大学附属东方医院检验科, 上海 200123; 2. 上海杨思医院内分泌科 200123)

**[摘要]** **目的** 加强输血科对不同输血目的的血液管理, 为制订临床悬浮红细胞用血计划提供科学的参考依据。**方法** 根据东方医院南院 2017 年 5 月 1 日至 2018 年 8 月 5 日每周的悬浮红细胞用量, 以该院同期的急诊人数和住院人数建立时间序列分析的自回归积分滑动平均模型 (ARIMA), 在控制最低库存量的基础上, 确定 ARIMA 的最佳参数, 并以最佳模型预测 2018 年 8 月 13 日至 10 月 15 日的悬浮红细胞用量。**结果** 预测该院悬浮红细胞抢救用血量的最佳模型 ARIMA(1, 2, 1)(1, 2, 0), 平稳的  $R$  方为 0.795, 均方根误差 (RMSE) 为 10.144, 贝叶斯准则 (BIC) 为 5.177, Ljung-Box Q 检验  $P=0.331$ , 最低预警库存量为 1 U; 预测治疗用血量的最佳模型为 ARIMA(2, 1, 0)(1, 1, 1), 平稳的  $R$  方为 0.607, RMSE 为 16.660, BIC 为 6.144, Ljung-Box Q 检验  $P=0.402$ , 最低预警库存量为 15 U; 预测围术期用血量的最佳模型为 ARIMA(2, 1, 1)(2, 1, 2), 平稳的  $R$  方为 0.675, RMSE 为 15.224, BIC 为 6.185, Ljung-Box Q 检验  $P=0.495$ , 最低预警库存量为 22 U; 满足该院悬浮红细胞整体用血需求的最低库存量为 15 U。各模型的实际值均在拟合值、预测值的 95% 置信区间 (95% CI) 内, 且动态变化一致。**结论** 基于 ARIMA 模型的输血质量管理方法应用于不同输血目的的悬浮红细胞用量预测, 有利于输血科合理预订血液, 优化库存。

**[关键词]** 时间序列分析; 输血质量管理; 合理输血; 限制性输血; 血液保护

**[中图分类号]** R826.2+6

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-8348(2020)06-0890-05

## Application and exploration of transfusion quality management method based on time series model\*

ZHU Chi<sup>1</sup>, ZHAO Huangwei<sup>2</sup>, YU Siyuan<sup>1</sup>, YANG Ji<sup>1</sup>

(1. Department of Clinical Laboratory, Affiliated East Hospital, Tongji University, Shanghai 200123, China; 2. Department of Endocrinology, Shanghai Yangsi Hospital, Shanghai 200123, China)

**[Abstract]** **Objective** To strengthen the blood management of the blood transfusion department on different blood transfusion purposes to provide the scientific reference basis for scientifically formulating the blood use plan of clinical suspension red blood cell. **Methods** According to the per week consumption amount of suspended red blood cells for different blood transfusion purposes in the South Branch Hospital of East Hospital from May 1, 2017 to August 5, 2018, the emergency number and inpatients number in the hospital during this period were used to establish the autoregressive integral sliding average model (ARIMA) of time series, on the basis of the minimum inventory amount control, the best parameters of ARIMA was determined, and the best model was used to predict the suspended red blood cells consumption amount for different transfusion purposes from August 13 to October 15, 2018. **Results** The optimal model for predicting the first aid consumption amount of suspended red blood cells in this hospital was ARIMA(1, 2, 1)(1, 2, 0), the stationary  $R$  squared was 0.795, the root mean square error (RMSE) was 10.144, the Bayes criterion (BIC) was 5.177, the Ljung-Box Q test  $P=0.331$ , and the minimum early warning inventory amount was 1 unit (U). The optimal model for predicting the therapeutic blood use amount was ARIMA(2, 1, 0)(1, 1, 1), the stationary  $R$  was 0.607, RMSE was 16.660, BIC was 6.144, Ljung-Box Q test  $P=0.402$ , and the minimum early warning inventory amount was 15 U. The optimal model for predicting perioperative blood use amount was ARIMA(2, 1, 1)(2, 1, 2), the stationary  $R$  square was 0.675, RMSE was 15.224, BIC was 6.185, Ljung-Box Q test  $P=0.495$ , and the minimum early warning inventory amount was 22 U. The minimum inventory amount

for meeting the overall average blood use demand of suspension red blood cells in this hospital was 15 U. The actual value of each model was within the 95% confidence interval of the fitting value and the predicted value, moreover the dynamic change was consistent. **Conclusion** The prediction of suspension red blood cells consumption amount in the application of the blood transfusion quality management method for different blood transfusion purposes based on ARIMA model is helpful for the blood transfusion department to reasonably reserve the blood use amount and optimize the distribution of blood resources in stock.

**[Key words]** time series analysis; blood transfusion quality management; rational blood transfusion; restrictive blood transfusion; blood protection

随着输血医学从粗放型管理到精细化管理的转变,提高临床输血质量管理水平,建立系统、科学、规范的输血质量管理体系已成为临床输血工作的基本要求<sup>[1]</sup>。合理应用血液资源,最大限度保证患者安全用血是临床输血质量管理的总体要求;内容主要包括科学制订临床用血计划,加强库存预警机制,实现库存血液精细化管理,做好应急血液供应工作预案四大方面。时间序列模型是应用相应的数学模型,将预测对象随时间推移形成的数据序列描述出来,并在该基础上选择合适的模型进行预测<sup>[2]</sup>,临床上常用于某些传染病的感染率及患者的发病率、病死率的预测。

近年来,国内不少学者应用时间序列模型对临床供血量进行分析预测,建立更加适合临床用血的时间序列模型,可克服经验性用血的不足,制订更科学的血液库存计划,获得良好效果<sup>[3]</sup>。成都市血液中心以临床月供血量建立模型发现乘积模型能够较好地预测短期临床供血量<sup>[4]</sup>。同样,上海市浦东血站也应用了此模型对供血量进行了分析预测,发现时间序列分析的自回归积分滑动平均模型(ARIMA)是一种短期预测精度较高的模型,可用于红细胞供应量的预测<sup>[5]</sup>。应用模型预测功能能够调整血站采血量与用血量之间的矛盾,较好地解决采多用少、采少用多等实际问题,及时、充足、科学、合理地保障了临床优质血液的使用<sup>[6]</sup>。当然,ARIMA除了可用于红细胞供应量的预测外,在血小板和血浆的临床用量预测中也有较好的效果<sup>[7]</sup>。不过,现阶段ARIMA模型的应用对象基本为各地区的血站或血液中心,医院不同输血目的的悬浮红细胞用血量预测国内还暂无报道。本文通过时间序列模型预测临床未来悬浮红细胞抢救用血量、治疗用血量、围术期用血量,为输血科合理预订悬浮红细胞及优化血液资源合理分配提供一种科学的手段,大大提升了输血质量管理水平,现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

收集 2017 年 5 月 1 日至 2018 年 10 月 15 日东方医院南院每周悬浮红细胞抢救用血、治疗用血、围术

期用血的出库量及当期的急诊人数和住院人数等资料,其中急诊、住院人数见图 1。

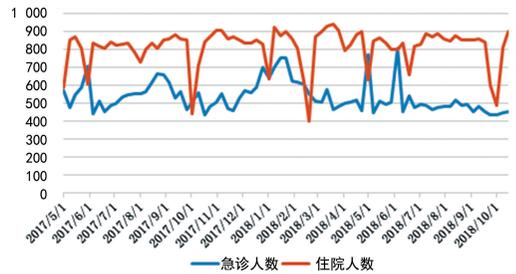


图 1 2017 年 5 月 1 日至 2018 年 10 月 15 日本院急诊、住院人数

### 1.2 方法

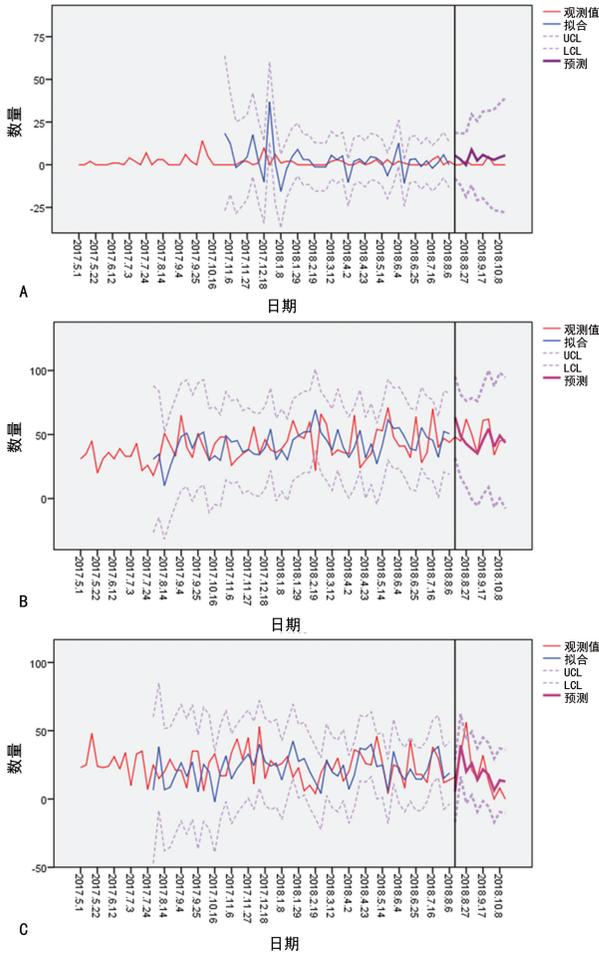
根据本院 2017 年 5 月 1 日至 2018 年 8 月 5 日每周不同输血目的的悬浮红细胞血液出库量及当期本院的急诊人数和住院人数,采用 SPSS22.0 统计软件,通过分析-预测-创建模型,分别以抢救用血量、治疗用血量、围术期用血量为因变量,以当期急诊人数及住院患者数为自变量,建立 ARIMA,在确定 ARIMA 最佳参数时,遵照严格确保抢救用血,基本保证围术期用血,尽量满足治疗用血的原则,以库存量最低时的参数作为最佳模型,以此模型预测本院 2018 年 8 月 13 日至 2018 年 10 月 15 日共计 10 周的血用量,并与实际值比较,验证模型的可行性,根据预测误差计算最低预警库存量。

## 2 结果

### 2.1 预测本院悬浮红细胞用血量

预测悬浮红细胞抢救用血量的最佳模型为 ARIMA(1,2,1)(1,2,0),平稳的  $R$  方为 0.795,均方根误差(RMSE)为 10.144,贝叶斯准则(BIC)为 5.177, Ljung-Box Q 检验  $P=0.331$ ;预测本院悬浮红细胞治疗用血量的最佳模型为 ARIMA(2,1,0)(1,1,1),平稳的  $R$  方为 0.607, RMSE 为 16.660, BIC 为 6.144, Ljung-Box Q 检验  $P=0.402$ ;预测本院悬浮红细胞治疗用血量的最佳模型为 ARIMA(2,1,1)(2,1,2),平稳的  $R$  方为 0.675, RMSE 为 15.224, BIC 为 6.185, Ljung-Box Q 检验  $P=0.495$ ;3 种模型的实际值均在拟合值、预测值的 95% 置信区间内,且动态变化一致,

且 Ljung-Box  $Q$  检验  $P > 0.05$ , RMSE、BIC 均较小, 说明处理后的序列均为白噪声序列, 模型拟合可信度高, 见图 2。



A: 抢救用血模型; B: 治疗用血模型; C: 围术期用血模型。

图 2 不同输血目的的悬浮红细胞出库量及 ARIMA 模型拟合图

2.2 各类用血量预测值与实际值配对检验

治疗用血与围术期用血实际值与预测值的配对  $t$  检验差异无统计学意义, 可认为二者在配对  $t$  检验中数值基本一致。抢救用血因在建模时控制预测值均略高于实际值且数值较小, 故预测值与实际值配对  $t$  检验时虽有统计学差异, 但无实际临床意义, 见表 1。

2.3 用血实际值与模型预测值比较

如表 2 所示, 按模型 ARIMA(1, 2, 1)(1, 2, 0) 预测抢救用血量时, 最大负误差为 1, 因此本院抢救用血最低预警库存量为 1 U; 按模型 ARIMA(2, 1, 0)(1, 1, 1) 预测治疗用血量时, 前 2 周期累计库存为  $6+4=10$  U, 第 3 周期预测误差 -19 U, 故要求最低库存量为 9 U, 第 4 周期预测误差 -11 U, 故最低库存量要求为 15 U, 因此本院治疗用血最低预警库存量为 15 U; 按模型 ARIMA(2, 1, 1)(2, 1, 2) 预测围术期用血量时, 第 1 周期误差为 -10 U, 故要求最低库存量为 10 U, 第 3 周期预测误差为 -28 U, 前 2 个周期累计库存为  $10+6=16$  U, 还需 12 U, 故要求最低库存量为  $10+12=22$  U, 后期预测误差都可在最低库存量 (22 U) 下满足临床围术期用血, 因此本院围术期用血最低预警库存量为 22 U。基于严格确保抢救用血, 基本保证围术期用血, 尽量满足治疗用血的原则, 本院整体血液需求的最低库存量计算如下: 第 3 周期总计误差首次出现负值为 -47 U, 前 2 周期累计库存量为 39 U, 故要求最低库存量为  $47-39=8$  U, 第 6 周期第 2 次出现预测误差为负值 -19 U, 第 5 周期末累计库存量为  $3+1+8=12$  U, 还需 7 U 满足临床用血需求, 故要求整体最低库存为  $8+7=15$  U, 后期预测误差都可在最低库存量 (15 U) 下完全满足临床输血需求。

表 1 本院各类型用血量预测值与实际值配对检验

组别	成对差分					差分的 95% 置信区间	
	均值	标准差	标准误平均值	$t$	$P$	下限	上限
第 1 组	3.4	3.03	0.96	3.55 <sup>a</sup>	0.006	1.24	5.56
第 2 组	-2.3	10.83	3.43	-0.67 <sup>b</sup>	0.519	-10.05	5.45
第 3 组	-1.6	14.14	4.45	-0.39 <sup>c</sup>	0.729	-11.71	8.51

<sup>a</sup>: 实际抢救用血量与预测用血量配对检验; <sup>b</sup>: 实际治疗用血量与预测用血量配对检验; <sup>c</sup>: 实际围术期用血量与预测用血量配对检验。

表 2 2018 年 8 月 13 日至 10 月 15 日各类型用血量实际值与模型预测值比较 (U)

项目		8 月 13 日	8 月 20 日	8 月 27 日	9 月 3 日	9 月 1 日	9 月 17 日	9 月 24 日	10 月 1 日	10 月 8 日	10 月 15 日
抢救用血	预测	5	3	0	9	2	6	4	3	4	5
	UCL	19	18	18	30	26	31	32	32	36	39
	LCL	-8	-12	-19	-12	-21	-20	-23	-27	-27	-28
实际		0	2	0	0	0	0	5	0	0	0

续表 2 2018 年 8 月 13 日至 10 月 15 日各类型用血量实际值与模型预测值比较(U)

项目		8月13日	8月20日	8月27日	9月3日	9月1日	9月17日	9月24日	10月1日	10月8日	10月15日
治疗用血	误差	5	1	0	9	2	6	-1	3	4	5
	预测	64	49	43	39	35	46	54	41	49	43
	UCL	95	81	76	78	76	88	100	88	98	95
	LCL	32	16	9	-1	-6	3	9	-7	0	-8
	实际	48	45	62	50	35	61	62	34	45	44
围术期用血	误差	6	4	-19	-11	0	-15	-8	7	4	-1
	预测	6	39	20	26	14	22	18	6	14	13
	UCL	28	62	43	49	37	45	41	30	37	36
	LCL	-17	16	-3	3	-9	-2	-6	-17	-9	-10
	实际	16	33	56	21	15	32	13	0	8	0
总计误差	-10	6	-28	5	-1	-10	5	6	6	6	13
总计误差	1	38	-47	3	1	-19	-4	16	14	14	17

UCL:控制上限;LCL:控制下限。

### 3 讨 论

本文通过 ARIMA 模型对本院未来不同输血目的的悬浮红细胞用血量的预测,给输血科预订悬浮红细胞血液量提供了一种科学的手段,实现了库存血液的精细化管理并完善了本院库存的预警机制,同时,也促进了限制性输血策略的实施及血液保护政策的落实。统计学方法在输血质量管理实践中的应用已取得令人瞩目的成果,如大数据确定手术中血液使用模式等,更好地保证了患者的输血安全和输血疗效,也促进了合理科学用血<sup>[8]</sup>,ARIMA 模型在传染病或相关医疗卫生设施的预测工作中也发挥着重要作用<sup>[9]</sup>。

在本研究中,按照 ARIMA 模型预测值预订悬浮红细胞血液量可充分确保本院抢救用血使用,但在预测治疗用血、围术期用血时可出现预测值小于实际值的情况,按照《临床输血技术规范》严格执行操作标准:鼓励自身输血及成分输血,尽量减少异体和不必要的输血。因此,对于临床应用于治疗慢性贫血的输血申请,输血科可通过评估患者临床症状、体征及实验室检查指标,落实输血科的输血申请审核制度,选择临床症状相对较轻患者的输血申请予以延迟发放或指导临床使用其他的血液替代品;对输血申请审核通过的治疗用血,输血后及时进行疗效评估可有效减少无效血的输注,避免血液资源浪费。对于围术期用血的血液保护,明确和有效执行输血指征是血液保护的核心,术前自身备血、自体血液回收、血液稀释是减少失血和输血的有效措施,另外,术中止血药物的应用可达到预防失血和治疗出血的双重效果,控制性降压、主动脉内球囊阻断等技术可显著减少患者失血,

从术前、术中到术后,全程指导临床节约用血,杜绝以输血治疗来促进伤口愈合及增加机体抵抗力的滥用血现象的发生,把紧缺的血液资源用到最需要的患者身上,最终促进输血管理的体系化、系统化、规范化、制度化发展。根据模型预测结果制订科学的临床用血计划及库存的精细化管理有利于临床限制性输血策略的实施及多渠道输血方式的拓展,鼓励临床开展自身输血是解决血液资源短缺的有效方法,自身输血可以节约宝贵的血液资源,且无需进行复杂的血液检测和交叉配血试验,另外,自身输血可以避免严重的输血不良反应和并发症,防止输血传播疾病的发生,大大提高了血液的质量与安全,是临床输血质量管理水平提升的重要表现。

以 ARIMA 模型的预测误差作为最低预警库存量是本研究的重要内容。血液安全库存量是血液库存管理预警机制的重要基础,对于保障血液安全具有重要意义<sup>[10]</sup>。时间序列分析是根据已知的时间序列数据,通过曲线拟合和参数估计建立的数学模型,根据模型的预测误差,建立合适的库存量可保证临床的正常输血申请。遵照严格确保抢救用血,基本保证围术期用血,尽量满足治疗用血的原则确定 ARIMA 参数,抢救用血模型的预测值略高于实际值,围术期用血、治疗用血的预测值与实际值相当,并可略低于实际值,根据实际情况优化血液资源的分配,以降低本院血液的库存量,实现库存血液的精细化管理。本研究中,保证本院抢救用血、治疗用血、围术期用血的最低预警库存量分别为 1、15、22 U。在临床精细化血液管理的指导下,本院库存血液最低预警库存量为 15 U 时,即可完全满足临床用血需求及应对突发状况引起

的抢救用血,避免了过多血液库存导致的血液资源浪费、浪费现象的发生。

不过,因本院为新开业医院,统计的时间序列数据不够充足且数值均较小,长时间大量的时间序列数据可大大增加预测的准确性,更好地提高临床输血质量管理水平;另外,纵使本研究中考虑了当期急诊人数和住院人数对用血量的影响,但仍然存在极个别的离群值,综合考虑当期手术量、科室专家坐诊情况对用血量的影响亦可提高模型预测的准确性。

## 参考文献

- [1] 郑拉让,王文新,王俊平,等. 临床输血质量管理体系的构建[J]. 中国卫生质量管理, 2017, 24(2):97-99.
- [2] 刘海鹏,金玉莲,刘光辉,等. 住院患儿医院感染发生率 ARIMA 时间序列模型[J]. 中国感染控制杂志, 2017, 16(3):243-246.
- [3] 乔郑磊,顾晨晨,曹敏凤,等. 基于时间序列模型预测上海某三甲综合医院血制品使用量[J]. 中国临床医学, 2016, 23(5):640-643.
- [4] 陈迎春,王晓霞,徐晓庆,等. 自回归求和移动平

均模型对临床供血量的分析预测[J]. 中国输血杂志, 2017, 30(10):1174-1178.

- [5] 黄国军,王乐三,张统宇,等. 自回归滑动平均混合模型在红细胞供应量预测中的应用[J]. 中国输血杂志, 2016, 29(2):140-144.
- [6] 李俊霞,陈慧,李源,等. 邯郸地区临床红细胞用量数学模型的建立与预测研究[J]. 临床输血与检验, 2016, 18(3):212-214.
- [7] 马春会,余晋林,温丽玲,等. ARIMA 模型在单采血小板临床用量预测中的应用[J]. 中国输血杂志, 2016, 29(12):1394-1396.
- [8] PENDRY K. The use of big data in transfusion medicine[J]. Transfus Med, 2015, 25(3):129-137.
- [9] 赵志,周倩,张晋昕. 时间序列分析方法及其进展[J]. 中国卫生统计, 2015, 32(6):1087-1090.
- [10] 袁和芹,吴刚,滕平. 淮安市中心血站血液安全库存量研究[J]. 临床输血与检验, 2018, 20(6):615-618.

(收稿日期:2019-09-18 修回日期:2019-12-25)

(上接第 889 页)

- D. Epidemiology, diagnosis, and treatment of brain abscesses[J]. Curr Opin Infect Dis, 2017, 30(1):129-134.
- [2] 阿布来提·胡达白地,黄书岚. 脑脓肿的诊断和治疗进展[J]. 中国临床神经外科杂志, 2018, 12(1):53-55.
- [3] ESPLIN N, STELZER J W, ALL S, et al. A case of streptococcus anginosus brain abscess caused by contiguous spread from sinusitis in an immunocompetent patient[J]. Cureus, 2017, 9:e1745.
- [4] ABEL S, HASAN S, KUJAWSKI B, et al. Cryptic nocardia nova brain abscess postradiation treatment and neurosurgery in a patient with small cell lung cancer: a case report and review of the literature [J]. Adv Radiat Oncol, 2016, 1(4):290.
- [5] 黄光翔,黄玮,杨雷霆. 立体定向穿刺治疗脑脓肿的疗效分析[J]. 广西医学, 2015, 37(7):983-

985.

- [6] 魏建军,黄高明,周华. 立体定向脓肿抽吸及 Ommaya 管置入术治疗脑脓肿分析[J]. 新疆医学, 2017, 47(6):640-642.
- [7] 康东,王发祥,苗锋,等. 立体定向穿刺置管冲洗引流治疗脑脓肿[J]. 临床神经外科杂志, 2010, 7(3):161-163.
- [8] YANG Z, DU L, LIU R, et al. Evaluation of continuous irrigation and drainage with a double cavity sleeve tube to treat brain abscess[J]. World Neurosurg, 2017, 106(10):231-239.
- [9] 张岩睿,常剑,齐欣. 软通道与硬通道穿刺引流术在高血压脑出血中的应用价值[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2014, 17(2):68-69.
- [10] 罗杰,黄明火,魏小川,等. 软-硬通道结合技术穿刺介入治疗高血压脑出血临床分析[J]. 临床和实验医学杂志, 2017, 16(1):68-71.

(收稿日期:2019-08-25 修回日期:2019-12-23)