

• 论 著 • DOI:10. 3969/j. issn. 1672-9455. 2019. 02. 011

时间序列模型联合 ROC 曲线在血液库存管理上的拓展应用^{*}

朱 驰¹, 赵皇伟², 赵晓明¹, 杨 冀^{1△}

(1. 同济大学附属东方医院检验科, 上海 200123; 2. 上海曲阳医院心内科 200092)

摘要:目的 通过建立时间序列模型预测未来用血量, 指导各医疗机构合理预定血液, 促进血站合理调配资源。**方法** 应用时间序列模型中的自回归积分滑动平均模型 (ARIMA) 预测该院未来用血量, 联合类似受试者工作特征 (ROC) 曲线的评分表, 评定不同库存量下预测值的供血充足率和零库存率, 评定最优库存量。**结果** ARIMA (1, 1, 0) 模型预测值与该院实际用血量基本相符, 拟合较好; 该院 A、B、AB 型悬浮红细胞库存为 0 时, 按预测量预定血液效果最佳, O 型血在库存量为 2 时按预测量预定效果最佳。**结论** 该院按 ARIMA (1, 1, 0) 模型指导预定血液不仅可以保证临床正常用血, 而且有利于降低该院血液库存率, 避免血液资源库存浪费, 缓解“血荒”造成的临床用血紧张状况。

关键词: 时间序列模型; ROC 曲线; 血液管理; 库存管理
中图法分类号: R446. 9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-9455 (2019) 02-0180-04

The expansion and application of time series model combined with ROC curve in the management of blood inventory^{*}

ZHU Chi¹, ZHAO Huangwei², ZHAO Xiaoming¹, YANG Ji^{1△}

(1. Department of Clinical Laboratory, Dongfang Hospital Affiliated of Tongji University, Shanghai 200123, China; 2. Department of Neurology, Shanhai Quyang Hospital, Shanghai 200092, China)

Abstract: **Objective** To establish the time series prediction model of future use of blood, and to guide the medical institutions reasonable reservation blood and to allocate blood resources reasonably. **Methods** Autoregressive integrated moving average model (ARIMA) was used to predict the blood using, which was also combined with similar ROC curve score to assess the adequate blood supply rate, the rate of different zero inventory and optimal inventory assessment. **Results** Predictive value of ARIMA (1, 1, 0) model was in accordance with the actual hospital blood usage basically, which had better fitting situation. When stock of suspended red blood cells of A type, B type and AB type was 0, the inventory of the pre scheduled blood measurement was best. When stock of suspended red blood cells of O blood type was 2, inventory of the pre scheduled blood measurement was best. **Conclusion** ARIMA (1, 1, 0) model can not only guide the scheduled blood to ensure the normal clinical blood use, but also reduce blood inventory rate, as well as avoid blood resources inventory waste and alleviate the clinical blood shortage caused by blood tensions.

Key words: time series model; ROC curve; blood management; inventory management

近年来, 中国出现“血荒”的大中城市已多达 47 个。在血液供需差距大, 血液保存时限短的环境下, 除了加强无偿献血的宣传力度、壮大无偿献血志愿者队伍等扩大血液来源途径外, 血液资源的合理分配也是缓解“血荒”问题的重要手段^[1-2]。另外, 合理制订血液库存计划有利于避免高库存造成的血液报废, 以及库存不足造成的血液短缺现象^[3]。安全、充足、及时、有效地保证临床用血是采供血机构的重要责任^[4]。现回顾性分析 2014 — 2017 年东方医院各周临床用血情况, 通过建立时间序列模型, 预测未来用血量, 择优评定最佳库存量, 促进血站资源合理调配,

现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2014 — 2017 年东方医院 (以下简称“本院”) 输血科每周血液的出库量, 共计 204 周。见图 1。

1.2 方法 采用了一种类似受试者工作特征 (ROC) 曲线的评定表, 根据预测值与实际值的误差确定库存量的最佳值。预测值大于或等于实际值, 可满足本院临床输血需求, 但会增加输血科的库存率, 此项在 1 年 51 周的占比定义为供血充足率; 预测值小于或等于实际值, 可保证输血科库存清空, 但无法满足临床

^{*} 基金项目: 上海市浦东新区卫生系统重点学科建设资助项目 (PWZK2017-09)。

作者简介: 朱驰, 男, 主管技师, 主要从事临床检验及输血检验研究。 △ 通信作者, E-mail: yangji1574@163.com。

输血需求,此项在 1 年 51 周的占比定义为零库存率。评价指数是评价自回归积分滑动平均模型 (ARIMA) 准确性的方法,表示模型预测量高于实际量和低于实际量时,其保证供血充足率与零库存率的能力,计算方法为供血充足率与零库存率的和减去 1,此值越大,

即该库存量为最佳库存量,若此值相等,则以库存较低者为最佳库存量。血液库存量越大,供血充足率越高,零库存率越低。血液的最佳库存量应该是在充分满足临床需要前提下的最低存量^[5-7]。

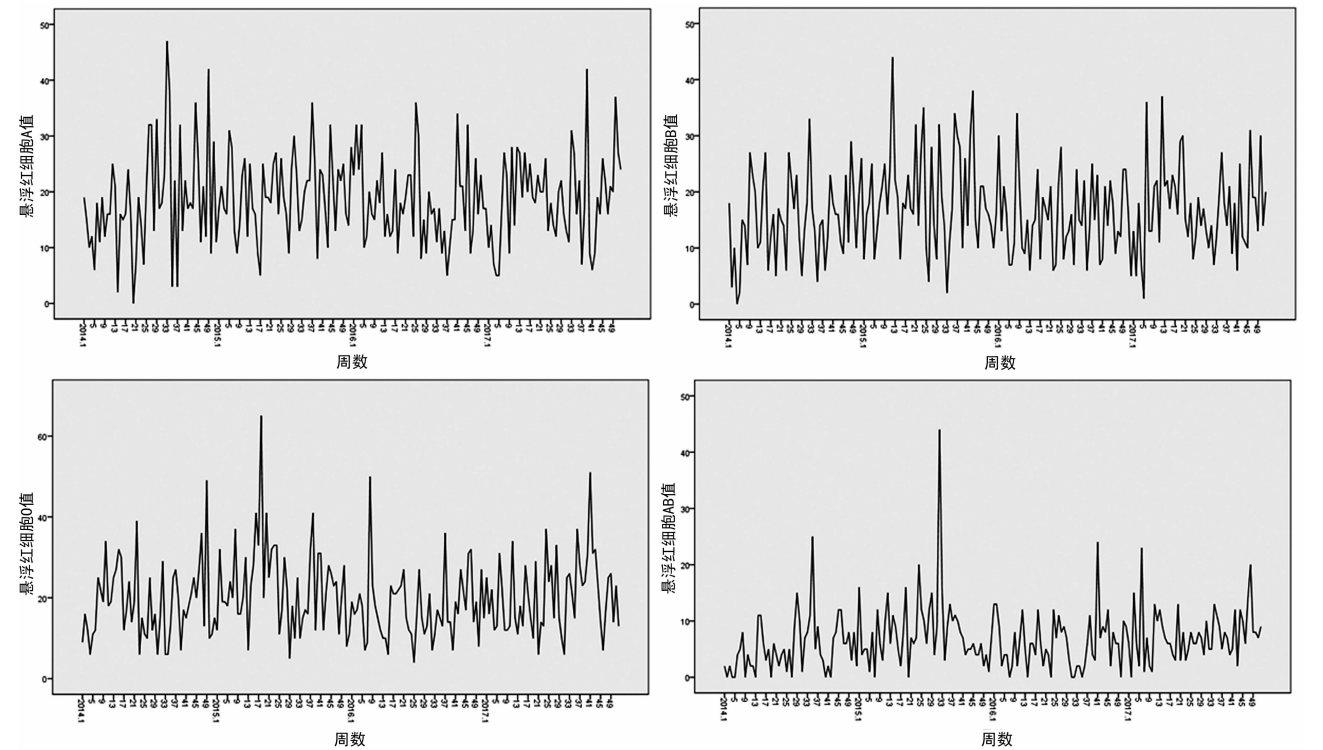


图 1 2014 — 2017 年本院输血科各型血液的出库量

1.3 统计学处理 采用 SPSS22.0 统计软件对数据进行分析。对不稳定序列行差分和季节性差分,最终将数据处理为稳定序列,根据本院实际用血量建模,拟合程度最高者为最佳拟合模型;通过最佳拟合模型的预测,将 2017 年本院实际用血量与预测量行配对检验。

2 结 果

2.1 本院用血量最佳拟合模型为 ARIMA(1,1,0)。预测悬浮红细胞 A 型平稳的 R^2 为 0.348;预测悬浮红细胞 B 型平稳的 R^2 为 0.360;预测悬浮红细胞 O 型平稳的 R^2 为 0.385;预测悬浮红细胞 AB 型平稳的 R^2 为 0.541。见图 2~5。

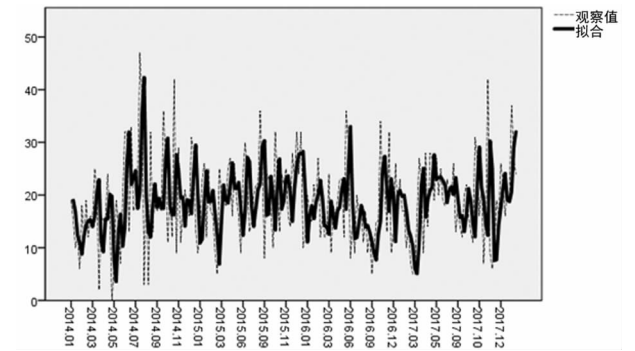


图 2 ARIMA(1,1,0)模型预测悬浮红细胞 A 型用血量拟合曲线

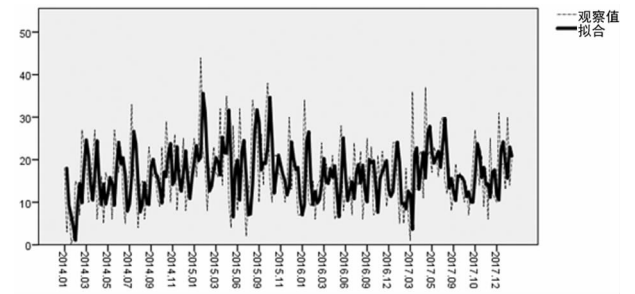


图 3 ARIMA(1,1,0)模型预测悬浮红细胞 B 型用血量拟合曲线

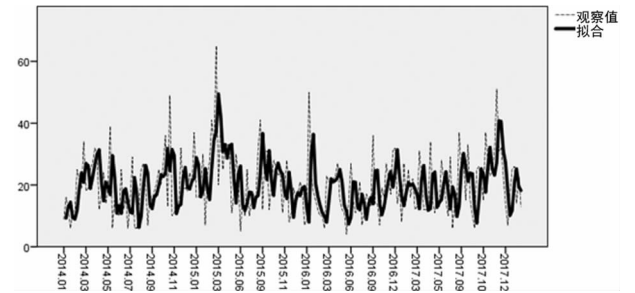


图 4 ARIMA(1,1,0)模型预测悬浮红细胞 O 型用血量拟合曲线

2.2 ARIMA(1,1,0)模型预测值与本院实际用血量 通过配对检验显示,差异无统计学意义, P 值高

达0.85~0.95,可认为两者在配对检验中数值基本一致。见表1。

表 1 本院悬浮红细胞实际用量与预测用血量的配对检验

类别	成对差分						差分的 95%CI	
	均值	标准差	均值的标准误	t	df	Sig. (双侧)	下限	上限
第 1 组 ^a	0.173	7.485	1.038	0.167	51	0.868	-1.911	2.257
第 2 组 ^b	0.173	9.414	1.305	0.133	51	0.895	-2.448	2.794
第 3 组 ^c	-0.135	10.664	1.479	-0.091	51	0.928	-3.104	2.834
第 4 组 ^d	-0.096	4.799	0.665	-0.144	51	0.886	-1.432	1.240

注：^a表示第1组悬浮红细胞A型实际用量与预测用量配对检验；^b表示第2组悬浮红细胞B型实际用量与预测用量配对检验；^c表示第3组悬浮红细胞O型实际用量与预测用量配对检验；^d表示第4组悬浮红细胞AB型实际用量与预测用量配对检验

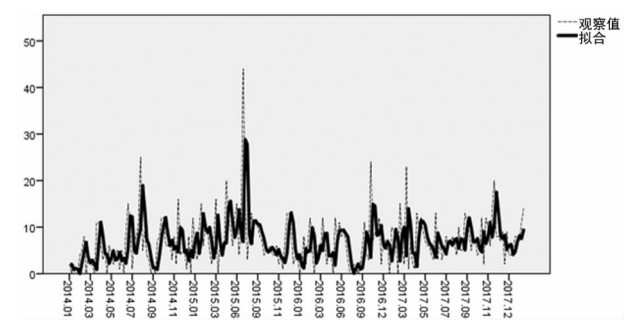


图 5 ARIMA(1,1,0)模型预测悬浮红细胞AB型用量拟合曲线

2.3 本院 A、B、AB 型悬浮红细胞库存情况 当库存量为 0 时按预测量预定血液效果最佳,O 型悬浮红细胞在库存量为 2 时按预测量预定效果最佳。库存量越高,供血充足率越高,零库存率越低。见表 2~5。

表 2 悬浮红细胞 A 型不同库存量 ARIMA 模型预测效果评价

库存	供血充足率(%)	零库存率(%)	评价指数
0	0.55	0.51	0.06
1	0.61	0.45	0.06
2	0.71	0.39	0.10
3	0.71	0.29	0.00
4	0.75	0.29	0.04
5	0.75	0.25	0.00
6	0.80	0.25	0.06
7	0.86	0.20	0.06
8	0.88	0.14	0.02
9	0.88	0.12	0.00
10	0.88	0.12	0.00
11	0.92	0.12	0.04
12	0.94	0.08	0.02
13	0.94	0.06	0.00
14	0.94	0.06	0.00
15	0.94	0.06	0.00
16	0.96	0.06	0.02
17	0.98	0.06	0.04
18	0.98	0.02	0.00
19	1.00	0.02	0.02

表 3 悬浮红细胞 B 型不同库存量 ARIMA 模型预测效果评价

库存	供血充足率(%)	零库存率(%)	评价指数
0	0.57	0.47	0.04
1	0.59	0.45	0.04
2	0.61	0.39	0.00
3	0.65	0.37	0.02
4	0.71	0.33	0.04
5	0.76	0.27	0.03
6	0.78	0.24	0.02
7	0.78	0.24	0.02
8	0.80	0.22	0.02
9	0.84	0.20	0.04
10	0.86	0.16	0.02
11	0.90	0.14	0.04
12	0.90	0.14	0.04
13	0.90	0.14	0.04
14	0.94	0.10	0.04
15	0.94	0.10	0.04
16	0.94	0.10	0.04
17	0.94	0.10	0.04
18	0.94	0.10	0.04
19	0.94	0.10	0.04
20	0.94	0.10	0.04

表 4 悬浮红细胞 O 型不同库存量 ARIMA 模型预测效果评价

库存	供血充足率(%)	零库存率(%)	评价指数
0	0.59	0.43	0.02
1	0.63	0.39	0.02
2	0.67	0.37	0.04
3	0.67	0.33	0.00
4	0.71	0.33	0.04
5	0.75	0.29	0.04

续表 4 悬浮红细胞 O 型不同库存量 ARIMA 模型预测效果评价			
库存	供血充足率(%)	零库存率(%)	评价指数
6	0.75	0.25	0.00
7	0.78	0.25	0.03
8	0.78	0.25	0.03
9	0.80	0.22	0.02
10	0.80	0.20	0.00
11	0.80	0.20	0.00
12	0.84	0.20	0.04
13	0.86	0.16	0.02
14	0.86	0.14	0.00
15	0.86	0.14	0.00
16	0.86	0.14	0.00
17	0.90	0.14	0.04
18	0.92	0.10	0.02
19	0.94	0.08	0.02
20	0.94	0.06	0.00

表 5 悬浮红细胞 AB 型不同库存量 ARIMA 模型预测效果评价			
库存	供血充足率(%)	零库存率(%)	评价指数
0	0.65	0.47	0.12
1	0.69	0.35	0.04
2	0.76	0.29	0.05
3	0.76	0.22	-0.02
4	0.80	0.22	0.02
5	0.84	0.18	0.02
6	0.86	0.14	0.00
7	0.88	0.12	0.00
8	0.90	0.10	0.00
9	0.92	0.08	0.00
10	0.94	0.06	0.00
11	0.96	0.04	0.00
12	0.98	0.02	0.00
13	1.00	0.00	0.00

3 讨 论

时间序列模型 ARIMA(1,1,0)解决了依赖于本院工作人员凭经验预定血液的问题,可作为本院输血科血液预定的一种长期、有效的科学手段,同样,时间序列模型也适用于其他医疗机构血液的预定,但因每

个医疗机构用血量的差异,还应结合实际情况,重新确定模型参数,才能建立出适用于自己的模型。

本研究的建模还有一些不足之处,如未考虑到气候变动、季节性变动、本院住院例数、手术例数,以及当期急诊抢救例数对用血量的影响^[8-9]。因此,在应用此模型时,应结合现阶段本院临床综合情况,且预测周期不宜较长,短周期内预测效果最佳。因 ROC 曲线应用于连续性变量最佳界限值的确定,而本研究所述的库存量为非连续性变量,因此在确定界限值时,考虑到库存量的不连续性,模仿 ROC 曲线建立类似的评定表,以确定在最佳库存量下 ARIMA(1,1,0)模型预测结果的供血充足率与零库存率,保证应用该模型预定血液时即能高度满足临床用血,也能保证本院的库存率降低。

时间序列模型应用于血液库存管理有利于各医疗机构,在保证临床用血的情况下有效降低库存率,有利于血站最大程度合理化调配资源,有利于有效缓解“血荒”带来的临床用血紧张问题。另外,时间序列模型也适用于临床实验室试剂耗材的库存管理、微生物细菌感染阳性率的预警管理等。

参考文献

[1] 陈琦,袁明超,陆华新,等. 血站血液库存管理现状研究[J]. 临床血液学杂志(输血与检验版),2013,26(1):132-134.

[2] 王莉. 血液库存管理信息化问题的思考[J]. 检验医学与临床,2012,9(8):1010-1011.

[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] 梁晓华,安万新,孟庆丽,等. 全国临床供血工作现状的调查[J]. 中国输血杂志,2011,24(3):182-184.

[5] 丛培芳,任少敏,朱霞. 一种制备小剂量血液新方法的探讨和应用[J]. 中国输血杂志,2014,27(10):1047-1048.

[6] 孙巍,王凤玲,吴寒. 医院血液库存量及库存预警机制的制定与应用[J]. 中国输血杂志,2015,28(5):568-570.

[7] 郭康社,李凤琴,冯娜,等. 血站最佳血液库存量设定方法探析[J]. 中国卫生质量管理,2006,13(6):71-73.

[8] 孙国栋,李俊霞,陈慧,等. 基于时间序列模型的邯郸地区临床用血红细胞分析及预测的初步研究[J]. 中国输血杂志,2015,28(11):1361-1363.

[9] 姚勇,石圆圆. 连云港市 2008 — 2013 年临床用血情况分析[J]. 临床输血与检验,2016,18(1):14-18.