·经验交流·

基于单采血小板5 d有效期的临床需求预测研究

胡军路 张湾湾

血小板输注是治疗因各种原因导致的血小板减少或血小板功能障碍的重要手段，在临床上具有药物不可替代的作用。但血小板储存周期较短（5 d），既要保证临床需求又要防止过期报废，对采供血机构的库存管理带来了极大的挑战。目前大多数采供血机构对于血小板的采集和发放是凭借日常经验进行管理[1]，采供不平衡现象时常发生。因此，寻找一种科学的方法准确预测未来一段时间的血小板临床用量成为目前亟待解决的问题之一。本次研究通过统计单采血小板每日的出库量，每5 d作为一个时间序列，建立自回归移动平均模型（autoregressive integrated moving average model，ARIMA），对血小板需求量进行短期预测，早期预警，为血小板库存管理提供精准预测的新方法。

1 资料与方法

1.1 一般资料 通过浙江省血液管理系统 BIS 3.0，收集宁波市2023年1月至2023年12月的每日血小板临床用量数据，一个治疗量记为1 U。

1.2 ARIMA模型构建

1.2.1 数据平稳化处理 观察原始数据序列图是否平稳，必要时进行数据差分。

1.2.2 模型参数评估 模型的构建涉及3个参数p、d、q，p为自回归阶数，q为移动平均阶数，d为差分阶数；其中d一般取1，绝大多数数据经过一阶差分后达到平稳，对经过一阶差分的数据做自相关函数（autocorrelation function，ACF）图和偏自相关函数（partial autocorrelation function，PACF）图，通过ACF图的截尾或拖尾是否落在95%置信区间内判断参数p，通过PACF图的截尾或拖尾是否落在95%置信区间内判断参数q，从而建立预测模型。

1.2.3 模型检验 ①可视化观察模型的拟合效果；②检验参数显著性，判断数据的自相关性；③判断是否通过残差白噪声检验。

1.2.4 模型预测及评估 根据2024年1~3月临床血小板实际用血量，进行模型预测效果检验。比较预测模型的预测值与实际值差异，计算平均相对误差，<10%则说明模型预测精确度高。

1.3 统计学方法 采用SPSS 26.0统计软件，进行数据分析、平稳化处理、模型构建、模型检验、模型预测及模型评估，设$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 数据平稳化处理

2.1.1 本站2023年1月至2023年12月单采血小板用量的原始时间序列图见图1

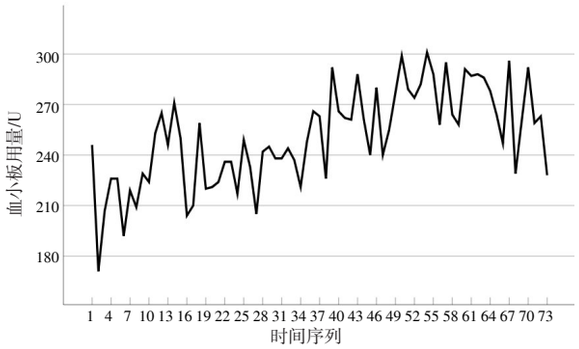

图1 2023年血小板用量原始数据时间序列图

由图1可见，连续每5天临床血小板用量呈明显周期性波动，且整体呈逐步上升趋势，该序列不平稳，需进行差分处理。

2.1.2 2023年临床用血小板用量一阶差分后时间序列图见图2

由图2可见，对原始数据序列做一次差分处理后，所得序列围绕0值做上下波动。所得的序列平稳可进行下一步模型构建。

DOI：10.13558/j.cnki.issn1672-3686.2024.009.023

基金项目：宁波市医学科技计划项目（2022Y28）

作者单位：315010 浙江宁波，宁波市中心血站业务发展科（胡军路），检验科（张湾湾）

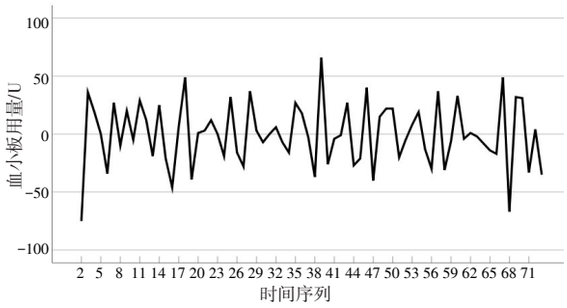

图2　2023年临床用血小板用量一阶差分后时间序列图

2.2　模型参数评估

2.2.1　原始序列经1阶差分后的ACF图见封二图2

由封二图2可见，ACF图呈1阶拖尾，得出p=1。

2.2.2　原始序列经1阶差分后的PACF图见封二图3

由封二图3可见，PACF图为呈2阶拖尾，得出q=2，构建模型ARIMA(1,1,2)。

2.3　模型检验

2.3.1　模型ARIMA(1,1,2)实测值与预测值拟合效果图见封三图4

由封三图4可见，预测值与实际值趋势基本一致，且均在95%*CI*范围内，模型拟合效果较好。

2.3.2　模型ARIMA(1,1,2)残差值序列ACF图与PACF图见封三图5

由封三图5可见，在1阶差分之后所有自相关系数均落在置信区间之内，并且趋势逐渐趋近于0，同样地，残差PACF系数也近似为0，可认为残差序列为白噪声序列，无需继续建模。

2.4　模型预测及评估　2024年1～3月的血小板用量预测值和实际值比较见表1。

表1　2024年1～3月单采血小板临床用量预测值与实际值比较

时间	实际值/U	预测值/U	相对误差/%
1.1～1.5	253	264	4.35
1.6～1.10	251	265	5.58
1.11～1.15	248	265	6.85
1.16～1.20	278	266	−4.32
1.21～1.25	296	267	9.80
1.26～1.30	272	268	−1.47
1.31～2.4	256	268	4.69
2.5～2.9	263	269	2.28
2.10～2.14	214	269	25.70
2.15～2.19	246	270	9.76
2.20～2.24	264	271	2.65
2.25～2.29	250	271	8.40

续 表1　2024年1～3月单采血小板临床用量预测值与实际值比较

时间	实际值/U	预测值/U	相对误差/%
3.1～3.5	285	272	−4.56
3.6～3.10	272	273	0.37
3.11～3.15	285	273	−4.21
3.16～3.20	279	274	−1.79
3.21～3.25	273	275	0.73
3.26～3.30	272	275	1.10

由表1可见，2024年1～3月的血小板用量预测值和实际值比较，平均相对误差5.48%。

3　讨论

近年来，临床血小板用量逐渐增加，但由于受采血条件限制、5 d有效期限、以及实际用量与临床申请量经常不一致等因素的影响，临床上经常出现血小板供应紧张或过剩的情况，严重影响采供血机构对血小板的库存管理。

ARIMA 模型是由美国统计学家Box和英国统计学家Jekins共同提出的一种时间序列预测方法，该模型无需对时间发展模式作先验假设，并可不断修改参数以获得最满意的模型，因其预测准确度较高，在医疗卫生领域得到了广泛的应用[2]，如应用于地区疾病发病趋势预测[3,4]等。近年来，血液的供需情况发生了较大的变化[5,6]，招募难度较以往增加，临床用血量需要更准确的估计。有国内学者使用ARIMA模型对血小板临床用量按月进行预测[7,8]，得到的平均误差在10%以内，但这些研究都是以月为时间单位进行预测，虽然由于量大可以减少相对误差，但预测的实际应用价值相对于血小板 5 d的有效期是有限的，急需对该方法进行优化。本次研究以2023年1～12 月每5 天临床血小板用量时间序列数据进行统计分析和建模，经过数据平稳化处理、模型参数估计与检验，建立的模型ARIMA(1,1,2)用于预测血小板用量。通过比较2024年1～3 月血小板用量预测值与实际值，显示使用模型ARIMA(1,1,2)预测平均相对误差为5.48%，表明预测拟合效果较好。另外，本次研究在分析比较2024年1～3 月血小板用量预测值与实际值中发现，运用该模型对特殊节假日期间血小板的使用量进行预测误差较大，如2024年春节期间(2.10~2.14、2.15~2.19)的预测值相对误差分别达到25.70%和9.76%，因此未来在使用该模型预测时需注重特殊节假日期间数据的收集、比对，并对模型进行动态调整。

综上所述，应用ARIMA 模型可预测短期内血小板临床用量，根据预测结果制定血小板采集和招募计划，能最大程度避免出现临床血小板的过期浪费和紧缺。尤其在后疫情时代，应用数学模型精准预测血小板的用量，从而精准招募献血者，助力采供血平衡，尤为重要[9]。本次研究也有不足之处，所选用的模型仅针对一个血站的数据进行建模，结果可能不适合于其他血站，要获得更好的预测结果还需不断收集多中心的数据。

参考文献

1 陈义柱，黄晓华，孙泉.血液库存预警系统在库存管理中的应用[J].中国输血杂志，2021，34(1)：83-84.

2 Feng Y，Xu Z，Sun X，et al.Machine learning for prediting preoperative red blood cell demand[J].Transfus Med，2021，31(4)：262-270.

3 刘瑞，闫敏敏，魏嵘，等.儿童法定传染病流行特征及发病趋势预测分析[J].中国医院管理，2023，43(2)：46-48.

4 周扬，梁士杰.ARIMA 乘积季节模型在郑州市肺结核月发病趋势预测中的应用[J].中国卫生统计，2021，38(4)：554-555.

5 聂冬梅，曾劲峰，张艳艳，等.新型冠状病毒肺炎疫情下献血者招募措施高效实施的探索[J].中国输血杂志，2022，35(1)：13-16.

6 Mr A，Ak B.The blood supply management amid the COVID-19 outbreak[J].Transfus Clinic Biol，2020，27(3)：147-151.

7 张永鹏，席光湘，洪缨.时间序列在辐照单采血小板供应管理上的应用分析[J].中国输血杂志，2020，33(9)：975-977.

8 张思静，谢淑红.基于ARIMA模型的临床血小板需求预测研究[J].中国输血杂志，2021，34(10)：1134-1137.

9 孔长虹，王翠娥，徐烨彪，等.智慧血站建设探索与效果分析[J].中国卫生质量管理，2022，29(6)：90-93.

（收稿日期 2024-05-08）

（本文编辑 高金莲）

（上接第846页）

诊疗指南(2020)[S].结直肠肛门外科，2020，26(5)：519-533.

2 倪永忠，惠小苏，周守芝，等.自动痔疮套扎术对Ⅲ、Ⅳ度混合痔患者肛门功能和机体应激的影响及手术效果的影响因素分析[J].现代生物医学进展，2023，23(3)：565-569，514.

3 王小莎，宁苗，黄姝峰.吲哚美辛栓对剖宫产产妇术后疼痛缓解促进术后恢复的作用[J].中国妇产科临床杂志，2023，24(3)：261-263.

4 郭喜牛，张彩虹，马焕焕，等.亚甲蓝联合利多卡因和消痔灵注射液对治疗混合痔的疗效分析[J].贵州医药，2023，47(1)：93-94.

5 美国结直肠外科医师协会标准化工作委员会.痔诊断和治疗指南(2010修订版)[S].中华消化外科杂志，2012，11(3)：243-247.

6 Shafshak TS，Elnemr R.The visual analogue scale versus numerical rating scale in measuring pain severity and predicting disability in low back pain[J].J Clin Rheumatol，2021，27(7)：282-285.

7 用文明，徐根贤.手术并发症学[M].北京：中国中医药出版社，1999.

8 宋小平，陈显韬，闫骁春.改良外剥内扎术治疗环状混合痔的临床疗效观察[J].中国现代医学杂志，2020，30(8)：105-109.

9 Qian YY，Ru N，Chen H，et al.Rectal indometacin to prevent pancreatitis after extracorporeal shock wave lithotripsy (RIPEP)：A single-centre，double-blind，randomised，placebo-controlled trial[J].Lancet Gastroenterol Hepatol，2022，7(3)：238-244.

10 徐慧岩，赵艳艳，赵新生，等.不同浓度亚甲蓝对肛肠术后镇痛效果的比较研究[J].世界中西医结合杂志，2020，15(5)：954-957.

11 林晓松，魏文波，江树嵩，等.复方亚甲蓝溶液与持续硬膜外镇痛泵在重度痔术后临床镇痛效果的比较分析[J].结直肠肛门外科，2020，26(3)：346-349.

12 高英杰，毕文静，韩国超，等.亚甲蓝封闭注射联合酮铬酸氨丁三醇对混合痔术后疼痛的临床研究[J].河北医学，2023，29(2)：332-336.

（收稿日期 2024-03-18）

（本文编辑 葛芳君）