运用 Anderson-Gill 计数过程模型评价纤维蛋白原与非小细胞肺癌总体生存的关联*

昆明医科大学公共卫生学院流行病与卫生统计学系(650500)　向　伊　冉海良　夏夕然　杨　青　肖媛媛△

【提　要】 **目的**　通过构建 Anderson-Gill(AG)计数过程模型,探索动态变化的纤维蛋白原对非小细胞肺癌(non small cell lung cancer,NSCLC)患者预后的潜在意义,为非小细胞肺癌患者的临床治疗提供重要的参考依据。**方法**　本研究回顾性收集 2013 年 1 月至 2018 年 12 月在昆明医科大学第三附属医院经病理检查确诊为非小细胞肺癌的 748 例患者信息。采用 Kaplan-Meier 法绘制生存曲线,构建 AG 模型估计生存期内纤维蛋白原与非小细胞肺癌患者总体生存的关联,利用限制性立方样条函数拟合两者的剂量-反应关系。**结果**　生存期内共有 530 例患者发生死亡,多因素 AG 模型结果提示纤维蛋白原是非小细胞肺癌患者总体生存的独立预后因素,其中较高的纤维蛋白原水平提示较差的总体生存(*HR*=1.35,*P*<0.05)。同时纤维蛋白原水平与非小细胞肺癌患者总体生存未呈现出显著的非线性关系(*P*-Nonlinear=0.68>0.05)。**结论**　较高的纤维蛋白原水平是非小细胞肺癌患者总体生存的危险因素,AG 模型是估计时依性变量与生存结局关联的理想选择。

【关键词】 纤维蛋白原　非小细胞肺癌　总体生存　Anderson-Gill 计数过程模型
【中图分类号】 R734.2　　【文献标志码】 A　　**DOI**　10.11783/j.issn.1002-3674.2026.03.002

The Application of Anderson-Gill Counting Process Model in Evaluating the Association between Fibrinogen and the Overall Survival of Non Small Cell Lung Cancer

Xiang Yi, Ran Hailiang, Xia Xiran, et al (*Division of Epidemiology and Health Statistics, School of Public Health, Kunming Medical University, Kunming* 650500)

【**Abstract**】 **Objective**　To explore the significance of dynamic fibrinogen in the overall survival of patients with non small cell lung cancer (NSCLC) by using the Anderson-Gill(AG) counting process model, so as to provide important scientific evidence in guiding the clinical treatment of NSCLC patients. **Methods**　This study retrospectively collected the information of 748 NSCLC patients diagnosed by histological examination in the Third Affiliated Hospital of Kunming Medical University from January 2013 to December 2018. Survival curves were plotted using the Kaplan-Meier method. The association between fibrinogen and overall survival of NSCLC was evaluated by AG models. Restricted cubic spline was further used to fit the dose-response relationship between fibrinogen and the overall survival. **Results**　During the follow-up period, 530 patients died. The multivariate AG model identified a significant association between dynamic fibrinogen and overall survival of NSCLC, with higher fibrinogen levels associated with worse overall survival (*HR*=1. 35, *P*<0. 05). Additionally, the RCS results showed that there was no significant non-linear relationship between serum fibrinogen and overall survival in patients with NSCLC in the AG model(*P*-Nonlinear=0. 68>0. 05). **Conclusion**　Higher fibrinogen level is a risk factor for overall survival in NSCLC patients, and AG model can be an ideal choice in estimating the associations between time-varying variables and survival outcomes.

【**Key words**】 Fibrinogen; Non small cell lung cancer; Overall survival; Anderson-Gill counting process model

肺癌是我国最常见的癌症类型,死亡率较高[1]。非小细胞肺癌(non small cell lung cancer,NSCLC)占肺癌类型的 80%~85%[2],其预后通常好于小细胞肺癌[3-4]。研究表明,性别、吸烟史、临床分期、治疗方式以及肺部合并症等因素显著影响 NSCLC 患者的预后[5-10]。此外,大部分 NSCLC 患者存在凝血功能异常,许多凝血指标可用于评估患者的预后和生存率[11]。纤维蛋白原(fibrinogen,FBG)作为评估凝血功能的重要指标,近年来越来越多的研究关注其与癌症患者总体生存(overall survival,OS)的关联。例如,在肝癌患者中,FBG 水平升高与较短的 OS 相关[12-13]。然而,关于 FBG 与 NSCLC 患者 OS 关联的研究结果尚不一致:部分研究认为诊断时的 FBG 水平是评估 NSCLC 患者预后的独立危险因素[14-18];而另有研究则认为 FBG 水平与 NSCLC 患者 OS 的关联不显著[2]。值得注意的是,相关研究大多采用 Cox 比例风险模型来探讨研究变量在某一时刻与患者 OS 的静态关联,未能充分考虑血液指标动态变化的特点。然而在临床实践中,许多指标是典型的时依性变量,其在患者生存期内呈现动态变化。因此,相较于某一时刻的静态关联,分析患者生存期内动态变化的指标与 OS 的关联更能准确反映实际情况,从而更好地指导临床实践。基于上述研究背景,本研究采用动态 Anderson-Gill(AG)生存分析模型评价生存期变动的 FBG 与

* 基金项目:云南省基础研究计划面上项目(202201AT070200);云南省教育厅科技创新团队、昆明医科大学一流学科团队(2024XKTDTS16)
△通信作者:肖媛媛,E-mail:33225647@qq. com

NSCLC患者OS的关联，进一步填补目前肿瘤流行病学领域动态生存分析方法运用的不足，为NSCLC患者的临床治疗策略提供重要思路。

材料与方法

1. 研究对象

通过昆明医科大学第三附属医院的医院信息系统和随访系统回顾性获取数据。研究对象为2013年1月1日至2018年12月31日经组织病理学检查确诊为NSCLC，并具有完整信息的748例患者，收集其基本信息、血液化验指标、病理学资料、生存信息、手术及治疗信息5个类别的数据。

2. 研究方法

对纳入研究的NSCLC患者的基本特征、生存情况以及血液指标测量值的分布特征进行统计描述。采用卡方检验或秩和检验进行组间比较，采用Kaplan-Meier法绘制生存曲线，log-rank检验用于比较两组生存结局的差异。以确诊前后一周内最接近诊断日期的血液化验结果作为基线测量值。采用counting process的原理将NSCLC患者整个生存阶段内的FBG测量值调整为多次测量的数据格式，再分别构建单因素和多因素AG模型估计生存期动态变化的FBG与NSCLC患者OS的关联。在估计关联强度的置信区间时，考虑到重构生存数据集中，来自同一个观察对象的多条观测记录间存在较强的内部相关性，采用夹心方差估计法对AG模型参数估计结果进行调整[19]。利用限制性立方样条函数（restricted cubic spline，RCS）拟合FBG与OS之间的剂量反应关系，设置样条函数节点为4[20]。采用较低的检验水准（α=0.1）筛选纳入多因素模型的变量，其余统计分析及推断的检验水准为α=0.05（双尾）。所有数据分析均在R统计软件中完成（版本号：4.2.3），主要采用“survival”、“rms”和“ggplot2”包。

结　果

1. 研究对象基本情况

共纳入748例NSCLC患者，平均年龄为60.55岁，男性占61.90%，434人有吸烟史，基线FBG测量值的中位数为4.41g/L，中位生存时间为426.34天，生存期内共有530例患者发生死亡（表1）。

表1　研究对象基本情况

基本特征	总计（*N*=748）	生存组（*N*=218）	死亡组（*N*=530）
年龄[岁，*N*(%)]			
<60	409(54.68)	138(63.30)	271(51.13)
≥60	339(45.32)	80(36.70)	259(48.87)
性别[*N*(%)]			
女性	285(38.10)	106(48.62)	179(33.77)
男性	463(61.90)	112(51.38)	351(66.23)
民族[*N*(%)]			
其他民族	69(9.22)	18(8.26)	51(9.62)
汉族	679(90.78)	200(91.74)	479(90.38)
吸烟[*N*(%)]			
否	314(41.98)	113(51.83)	201(37.92)
是	434(58.02)	105(48.17)	329(62.08)
饮酒[*N*(%)]			
否	374(50.00)	125(57.34)	249(46.98)
是	279(37.30)	73(33.49)	206(38.87)
BMI[kg/m^2,*N*(%)]			
<18.5	77(10.29)	18(8.26)	59(11.13)
18.5~23.9	474(63.37)	132(60.55)	342(64.53)
≥24	197(26.34)	68(31.19)	129(24.34)
化疗[*N*(%)]			
否	329(43.98)	86(39.45)	243(45.85)
是	419(56.02)	132(60.55)	287(54.15)
合并肺部疾病[*N*(%)]			
否	629(84.09)	188(86.24)	441(83.21)
是	119(15.91)	30(13.76)	89(16.79)
手术[*N*(%)]			
否	505(67.51)	134(61.47)	371(70.00)
是	243(32.49)	84(38.53)	159(30.00)
病理类型[*N*(%)]			
腺癌	532(71.12)	172(78.90)	360(67.92)
鳞癌	197(26.34)	43(19.72)	154(29.06)
其他	19(2.54)	3(1.38)	16(3.02)
临床分期[*N*(%)]			
早期	70(9.36)	51(23.39)	19(3.58)
晚期	678(90.64)	167(76.61)	511(96.42)
ALB [g/L,median(IQR)]	42.83(6.41)	44.37(4.90)	42.21(6.73)
NLR[median(IQR)]	2.85(2.28)	2.14(1.73)	3.07(2.31)
FBG [g/L,median(IQR)]	4.41(2.29)	3.87(1.91)	4.61(2.43)
生存时间 [天,median(IQR)]	426.34(574.06)	857.86(721.33)	300.00(423.25)

注：病理类型其他为大细胞癌和混合癌；ALB，白蛋白；NLR，中性粒细胞/淋巴细胞比值。

2. 不同FBG组NSCLC患者OS生存曲线

按照基线测量结果将研究对象分为高FBG组和低FBG组，两组的生存曲线如图1所示：相较于高FBG组，低FBG组有较好的OS，log-rank检验表明两组研究对象的OS有统计学差异（P<0.01）。

3. 单因素及多因素AG模型分析结果

单因素AG模型分析结果表明，初步判断年龄≥60岁、男性、吸烟史、合并肺部疾病、临床分期为晚期、病理类型为鳞癌、大细胞癌和混合癌的患者可能OS更短，接受化疗、接受手术治疗、BMI≥24kg/m^{2}的患者可能OS更长（P<0.10）。诊断时刻下的血液指标与NSCLC患者的OS存在显著相关性。较高的ALB水平与更好的OS相关，而较高的NLR和FBG水平则提示较差的OS。

将单因素分析结果符合P<0.10的变量纳入多因素模型，分析影响NSCLC患者OS的独立预后因素，

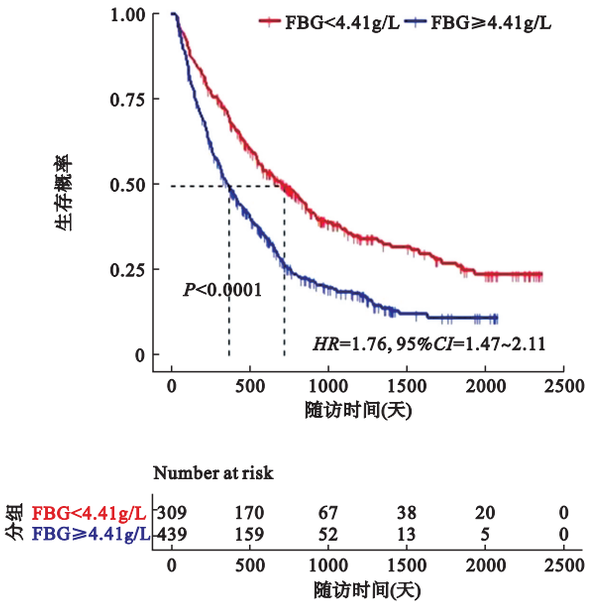


图 1　不同基线水平 FBG 组 NSCLC 患者 OS 生存曲线

结果发现：男性、临床晚期、病理类型为大细胞癌和混合癌的患者提示更差的 OS，接受化疗可能与更好的 OS 相关（*P*<0. 05）；诊断时较高的 ALB 水平与更好的 OS 相关（*HR*=0. 74，95% *CI*：0. 60~0. 90），而诊断时较高的 NLR 提示较差的 OS（*HR*=1. 69，95% *CI*：1. 38~2. 07）；生存期内较高的 FBG 水平与更差的 OS 相关（*HR*=1. 35，95% *CI*：1. 08~1. 67），即生存期 FBG 水平较高的 NSCLC 患者，其总体死亡风险是 FBG 水平较低患者的 1. 35 倍（表 2）。

4. 多因素 AG 模型亚组分析及剂量反应分析结果

在多因素分析的基础上，进一步探讨不同亚组 NSCLC 患者 FBG 与 OS 的关联。AG 模型亚组分析结果表明（表 3）：生存期内 FBG 与 OS 的关联在年龄<60 岁、女性、无吸烟史、接受化疗、未合并有肺部疾病、临床分期为晚期的 NSCLC 患者亚组中均显著（*P*<0. 05）。

采用 RCS 进一步拟合 FBG 与 OS 的非线性关系，多因素 AG 模型分析结果显示（图 2）：生存期动态变化的 FBG 水平与非小细胞肺癌 OS 之间未呈现显著的非线性关系（*P*-Nonlinear=0. 68>0. 05）。

表 2　单因素和多因素 AG 模型分析结果

纳入模型变量	单因素 AG 模型		多因素 AG 模型	
	HR 点估计值 90% *CI*	*P* 值	调整 *HR* 点估计值 95% *CI*	*P* 值
年龄（对照：<60 岁）				
≥60 岁	1. 34（1. 16~1. 54）	<0. 01	1. 08（0. 90~1. 29）	0. 41
性别（对照：女性）				
男性	1. 54（1. 33~1. 80）	<0. 01	1. 30（1. 00~1. 70）	0. 05
民族（对照：少数民族）				
汉族	0. 79（0. 61~1. 02）	0. 13		
吸烟（对照：否）				
是	1. 29（1. 11~1. 49）	0. 01	0. 98（0. 76~1. 26）	0. 87
饮酒（对照：否）				
是	1. 10（0. 94~1. 28）	0. 32		
化疗（对照：否）				
是	0. 68（0. 58~0. 78）	<0. 01	0. 67（0. 55~0. 81）	<0. 01
合并肺部疾病（对照：否）				
是	1. 44（1. 18~1. 76）	<0. 01	1. 16（0. 89~1. 50）	0. 28
手术（对照：否）				
是	0. 82（0. 70~0. 96）	0. 04	0. 96（0. 79~1. 16）	0. 68
BMI（对照：18. 5~23. 9kg/m^2）				
<18. 5kg/m^2	1. 03（0. 82~1. 30）	0. 81	0. 91（0. 69~1. 20）	0. 49
≥24kg/m^2	0. 80（0. 68~0. 95）	0. 03	0. 92（0. 75~1. 13）	0. 42
临床分期（对照：早期）				
晚期	4. 83（3. 31~7. 04）	<0. 01	4. 22（2. 61~6. 82）	<0. 01
病理类型（对照：腺癌）				
鳞癌	1. 45（1. 23~1. 70）	<0. 01	1. 24（0. 99~1. 54）	0. 06
其他	1. 76（1. 19~2. 60）	0. 02	1. 84（1. 13~2. 99）	0. 01
ALB（对照：<42. 83g/L）				
≥42. 83g/L	0. 50（0. 43~0. 58）	<0. 01	0. 74（0. 60~0. 90）	<0. 01
NLR（对照：<2. 85）				
≥2. 85	2. 31（2. 00~2. 67）	<0. 01	1. 69（1. 38~2. 07）	<0. 01
FBG（对照：<4. 41g/L）				
≥4. 41g/L	2. 03（1. 74~2. 36）	<0. 01	1. 35（1. 08~1. 67）	0. 01

注：病理类型其他为大细胞癌和混合癌；ALB，白蛋白；NLR，中性粒细胞/淋巴细胞比值

表3 FBG与NSCLC患者OS关联多因素AG模型亚组分析结果

亚组变量	调整*HR*点估计值	95% *CI*	*P*值
年龄(岁)			
＜60	1.45	1.09~1.95	0.01
≥60	1.18	0.84~1.65	0.34
性别			
女性	1.55	1.12~2.15	0.01
男性	1.16	0.87~1.55	0.31
吸烟			
否	1.53	1.09~2.15	0.01
是	1.23	0.92~1.64	0.16
化疗			
否	1.14	0.83~1.57	0.42
是	1.59	1.19~2.13	<0.01
合并肺部疾病			
否	1.50	1.19~1.90	<0.01
是	0.70	0.39~1.26	0.24
手术			
否	1.28	0.99~1.66	0.06
是	1.48	0.97~2.26	0.07
临床分期			
早期	1.33	0.41~4.36	0.64
晚期	1.36	1.09~1.70	0.01

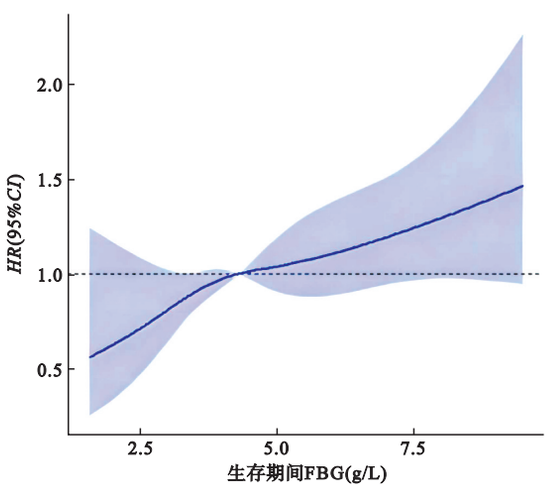


图2 多因素AG模型RCS曲线

讨 论

本研究利用动态生存分析的AG模型对748例NSCLC患者的临床数据展开回顾性分析，探究生存期动态变化的FBG与NSCLC患者OS的关联。分析结果显示：生存期内动态变化的FBG水平与NSCLC患者的OS之间存在显著关联，生存期内FBG水平较高的患者，其总体死亡风险为低水平FBG患者的1.35倍。进一步亚组分析结果提示，AG模型识别的FBG与NSCLC患者OS的调整关联，在不同年龄、性别、临床分期、是否吸烟、是否化疗、是否合并肺部疾病的亚组中差异具有统计学意义。这些重要研究发现将为NSCLC患者的临床治疗提供重要思路。

本研究结果表明，生存期内FBG水平较高的NSCLC患者OS较短，可能的原因是：当机体存在组织损伤、炎症、应激等时，纤维蛋白原可升高，纤维蛋白原升高可导致机体凝血和纤溶系统失衡，进而影响NSCLC患者的预后[2]。此外，FBG还可以形成致密的纤维蛋白层包裹肿瘤细胞，从而使肿瘤细胞逃脱NK细胞介导的细胞毒性作用，导致不良预后[21]。这提示我们，对于NSCLC患者，在确诊时应对生存期内的FBG变化进行动态监测，如果发现NSCLC患者的FBG水平较高，及时开展合理诊疗，可能有助于改善患者预后。以往研究发现，临床中常用于降低FBG的药物包括低分子肝素、华法林等，然而这些药物对于NSCLC患者生存期内FBG水平的改善和相关预后价值仍有待进一步的实验性研究进行验证。

本研究进一步拓展了动态AG模型在恶性肿瘤生存分析领域的应用。目前在恶性肿瘤生存分析领域应用最为广泛的统计学模型仍然是Cox比例风险模型。但是Cox比例风险模型无法有效分析时依性变量和生存结局的关联。然而，时依性变量在恶性肿瘤生存分析领域十分常见，如果忽略其变动的本质，武断地选择某些时刻的一过性测量结果来衡量其与各类生存结局的关联，将极有可能得到偏倚甚至错误的结论。一项关于血小板与胰腺癌患者总体生存关联的研究发现，Cox模型结果表明诊断时血小板增多与生存率提高显著相关，血小板减少对生存率无显著影响，而AG模型结果发现诊断后血小板减少与总生存期呈显著的负相关[22]。这提示我们，使用更为准确捕捉时依性变量动态变化本质的动态生存分析方法才能得到更为可信的统计分析结论，进而有效指导临床实践。

除了当前研究采用的AG模型，动态生存分析领域还有其他方法可用于时依性变量的效应估计，如Cox比例风险模型中的函数法、参数比例风险模型和参数加速失效模型等[23]。然而，在实际研究时上述参数统计方法的运用前提往往难以得到满足，一是时变变量随时间变化的函数关系式无法准确定位；二是通常某一指标发生变化后，相应的基础风险也会出现变化。由此可见，采用counting process的思路重构数据的AG模型用于时依性变量对于生存结局效应的估计时，显然更加灵活和强大，也更有在医学科学研究相关领域推广使用的潜力。

本研究限于回顾性研究设计，只纳入了提供完整数据的病例，因此可能存在一定的选择偏倚。另外，某些重要的血液化验指标及临床特征指标由于缺失比例较高，为了确保统计推断的效能，未纳入当前的分析，如D-二聚体、更详细的烟草暴露量等。在今后的前瞻性研究中可以考虑主动收集这些重要特征，从而进一步控制潜在的混杂偏倚，提升AG模型评价动

态FBG与NSCLC患者OS关联估计的准确性。

参 考 文 献

[1] 张雪燕,马晓天,侯子茜,等. 胸腔镜非小细胞肺癌术后患者肺部并发症风险预测模型的建立[J]. 中国卫生统计,2024,41(1): 102-105.

[2] 李艳华,魏素菊,王俊艳,等. 非小细胞肺癌患者凝血功能异常的相关因素与预后分析[J]. 中国肺癌杂志,2014,17(11): 789.

[3] Hoffman PC,Mauer AM,Vokes EE. Lung cancer [J]. Lancet,2000,355(9202): 479-485.

[4] PDQ Adult Treatment Editorial Board. Non-Small Cell Lung Cancer Treatment (PDQ®): Health Professional Version [EB/OL]. (2025-05-07)[2025-11-23]. https://www. ncbi. nlm. nih. gov/books/NBK65865/.

[5] Vasudevan S, Krishna V, Mehta A. Lung cancer in non-smokers: clinicopathological and survival differences from smokers [J]. Cureus,2022,14(12): e32417.

[6] Sheikh M,Mukeriya A,Shangina O,et al. Postdiagnosis smoking cessation and reduced risk for lung cancer progression and mortality: a prospective cohort study [J]. Annals of Internal Medicine,2021,174(9): 1232-1239.

[7] Torres-Roman JS, Valcarcel B, Martinez-Herrera JF, et al. Mortality Trends for Lung Cancer and Smoking Prevalence In Peru [J]. Asian Pacific Journal of Cancer Prevention: APJCP,2022,23(2): 435.

[8] Jones CC, Mercaldo SF, Blume JD, et al. Racial disparities in lung cancer survival: the contribution of stage,treatment,and ancestry [J]. Journal of Thoracic Oncology,2018,13(10): 1464-1473.

[9] Wei S, Tian J, Song X, et al. Causes of death and competing risk analysis of the associated factors for non-small cell lung cancer using the Surveillance, Epidemiology, and End Results database[J]. Journal of Cancer Research and Clinical Oncology, 2018, 144(1): 145-155.

[10] Wang W, Dou S, Dong W, et al. Impact of COPD on prognosis of lung cancer: from a perspective on disease heterogeneity [J]. International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease, 2018, 13: 3767-3776.

[11] Qi Y, Fu J. Research on the coagulation function changes in non small cell lung cancer patients and analysis of their correlation with metastasis and survival [J]. J Buon,2017,22(2): 462-467.

[12] 燕启田. D-二聚体、纤维蛋白原水平与肝癌根治术后患者预后的相关性[J]. 中国民康医学,2023,35(17): 127-129.

[13] 庞杏峰. 回顾性分析凝血指标PT、FIB在原发性肝癌中的变化及其预后价值[D]. 南宁:广西医科大学,2022.

[14] Zhang K,Xu Y,Tan S,et al. The association between plasma fibrinogen levels and lung cancer: a meta-analysis [J]. Journal of Thoracic Disease,2019,11(11): 4492.

[15] Zhang Y,Cao J,Deng Y,et al. Pretreatment plasma fibrinogen level as a prognostic biomarker for patients with lung cancer [J]. Clinics,2020,75: e993.

[16] Kim KH, Park TY, Lee JY, et al. Prognostic significance of initial platelet counts and fibrinogen level in advanced non-small cell lung cancer [J]. Journal of Korean Medical Science,2014,29(4): 507.

[17] Jiang HG,Li J,Shi SB,et al. Value of fibrinogen and D-dimer in predicting recurrence and metastasis after radical surgery for non-small cell lung cancer [J]. Medical Oncology,2014,31: 1-9.

[18] Mitsui S, Tanaka Y, Doi T, et al. Prognostic value of preoperative plasma fibrinogen levels in resected stage I non-small cell lung cancer [J]. Thoracic Cancer,2022,13(10): 1490-1495.

[19] Fay MP,Graubard BI,Freedman LS,et al. Conditional logistic regression with sandwich estimators: application to a meta-analysis [J]. Biometrics,1998,54(1):195-208.

[20] Harrell FE. Regression modeling strategies: with applications to linear models,logistic regression,and survival analysis [M]. New York: Springer,2001.

[21] Palumbo JS, Talmage KE, Massari JV, et al. Platelets and fibrin (ogen) increase metastatic potential by impeding natural killer cell‐mediated elimination of tumor cells [J]. Blood, 2005, 105(1): 178-185.

[22] Xiao Y,Xie H,Xie Z,et al. Kinetics of postdiagnosis platelet count with overall survival of pancreatic cancer: a counting process approach [J]. Cancer Medicine,2016,5(5): 881-887.

[23] 肖媛媛,许传志,赵耐青. 常用生存分析模型及其对时依性协变量效应的估计方法[J]. 中国卫生统计,2016,33(3): 543-547.

(责任编辑:邓　妍)

(上接第327页)

[28] 陈健红. 基于WRV-ARFIMA-T模型股市波动率的长记忆性及预测研究[D]. 武汉: 武汉理工大学,2019.

[29] 陈雪,申建红,徐文慧,等. 基于ARFIMA模型的钢材价格预测研究[J]. 河北工程大学学报(自然科学版),2020,37(3): 64-68.

[30] 靳小飞. 基于ARFIMA混合模型的短时交通流预测研究[D]. 武汉: 华中科技大学,2020.

[31] 马跃. 基于ARFIMA-GARCH-F模型对重庆市空气质量指数动态VaR极值的研究[D]. 重庆: 西南大学,2017.

[32] 鲁进,孙文艳,肖作汉,等. 新冠肺炎疫情对世界结核病防控的影响[C]//中国防痨协会2023年第34届全国学术大会暨结核病诊防治新技术推广应用论坛论文汇编. 2023: 104.

[33] 乐博昕,刘效峰,王娜,等. 基于ARIMA的新冠肺炎疫情前后结核病流行趋势预测与分析[J]. 实用预防医学,2022,29(11): 1299-1302.

[34] 龚浩;郭在金;周罗晶. SARIMA模型和BPNN模型在江苏省肺结核发病预测中的应用[J]. 中国预防医学杂志,2024,25(2): 239-244.

[35] Kohei Y,Sumi A,Kobayashi N. Time-series analysis of monthly age-specific numbers of newly registered cases of active tuberculosis in Japan from 1998 to 2013[J]. Epidemiology and Infection,2016,144(11): 2401-2414.

[36] 蒋建国,孙定勇,张艳秋,等. 应用ARIMA模型对河南省肺结核流行趋势预测分析[J]. 现代疾病预防控制,2023,34(7): 495-499.

[37] 田庆,刘永鹏,张晶晶,等. ARIMA乘积季节模型在山东省肺结核发病预测中的应用[J]. 山东大学学报(医学版),2021,59(7): 112-118.

[38] 张曼晖. 我国肺结核控制目标实现及影响因素研究[D]. 北京:中国疾病预防控制中心,2019.

(责任编辑:邓　妍)