

应用电子计算机拟合麻风年龄患病专率的改进催化模型

中国医学科学院皮肤病研究所 杨忠民

提要 本文通过电子计算机对江苏省八个地区麻风年龄患病专率的理论拟合,提出了适用于麻风年龄患病专率分布的改进催化模型及其变量代换公式,并对结果进行了分析探讨。作者认为,麻风年龄患病专率可以用改进的催化模型来模拟;它是一条S形曲线,开始上升缓慢,然后快速上升,达到顶点后又缓慢下降;这反映了麻风病潜伏期和病期长、发病率低的特点。两级催化模型中的三个参数a、b、k,分别代表了疾病感染力、疾病消除速度和防治效果指数;可以应用催化模型对不同时期、不同地区的疾病年龄患病率拟合分析,对疾病的感染力、人群消除疾病的能力和防治效果进行综合评价。

关键词 催化模型 两级催化模型 感染力 麻风病年龄患病专率

美国流行病学家Muench将催化模型(catalytic model)应用于流行病学,提出了一组流行病学催化模型。该模型能模拟某些传染病的年龄患病率以及某些指标的年龄阳性率的分布,以数学形式概括其年龄分布特性,定量地测量这些传染病在人群中的传播速度,估计传染病的感染力;对于研究传染病流行特点、评价防治效果具有一定的意义〔1〕。

材料与方法

本文以1975年江苏省麻风病普查及其它方式所发现的病人资料为素材,对全省八个地区的麻风年龄患病专率应用改进的催化模型进行拟合。前人已成功地将催化模型应用于患病率较高的疾病,如百日咳、沙眼、乙型肝炎〔2〕、结核菌素和麻风菌素试验阳性率等〔3〕。但是,在我国,麻风患病率常常低于千分之一,不能直接应用Muench介绍的方法。作者利用电子计算机反复摸索、试验,找到了适当的变量代换公式: $A_x = 1 + \frac{1_n P_x}{15}$, 其中 A_x 为变换后的值, P_x 为原各年龄组患病专率, 15为修正值。利用电子计算机编制计算程序,将原变量经代

换,采用类似数值逼近的计算方法,获得了拟合度良好的改进催化模型;其通式为:

$$\hat{Y} = e^{15} [k(e^{-bt} - e^{-at}) - 1]$$

式中, a、b、k为方程参数, t为时点变量,此处t为年龄, $k = a / (a - b)$ 。

结果

文中仅给出一个地区全部计算数据,其它直接给出拟合结果。表1为江苏省扬州地区计算机拟合麻风年龄患病专率改进催化模型计算表。

经计算机反复演算,不断优化方程的三个参数,最终获得了相关指数(R^2)较高的改进催化模型。三个参数值如下:

$$a = 0.04229, b = 0.01137, k = 1.3678.$$

改进催化模型:

$$\hat{Y} = e^{15} [1.3678(e^{-0.01137t} - e^{-0.04229t}) - 1]$$

拟合度用相关指数来表示, R^2 越接近1,表示拟合得越好〔4〕。本例 $R^2 = 0.9802$, 说明拟合度优良。拟合结果由计算机绘出曲线图(图1)。图中阶梯状曲线为各年龄组实际患病

表1

江苏扬州地区麻风年龄患病专率改进催化模型拟合计算表

AGE	T	W	N	D	P	A	WA	TWA	AE	PE
0	2.5	5	769235	1	1.29E-06	0.0964	0.48	1.20	0.0988	1.34E-06
5	7.5	5	1192854	19	1.59E-05	0.2635	1.31	9.88	0.2599	1.50E-05
10	12.5	5	1009338	116	1.14E-04	0.3952	1.97	24.70	0.3803	9.19E-05
15	17.5	5	646177	267	4.13E-04	0.4805	2.40	42.04	0.4684	3.44E-04
20	22.5	5	820468	601	7.32E-04	0.5187	2.59	58.35	0.5308	8.78E-04
25	27.5	5	703258	1107	1.57E-03	0.5697	2.84	78.33	0.5729	1.65E-03
30	32.5	5	524355	1243	2.37E-03	0.5970	2.98	97.01	0.5991	2.44E-03
35	37.5	5	469251	1420	3.02E-03	0.6133	3.06	114.99	0.6128	3.00E-03
40	42.5	5	452777	1451	3.20E-03	0.6171	3.08	131.13	0.6169	3.19E-03
45	47.5	5	400473	1042	2.60E-03	0.6032	3.01	143.26	0.6134	3.03E-03
50	52.5	5	362090	845	2.33E-03	0.5959	2.97	156.44	0.6044	2.64E-03
55	57.5	5	290430	640	2.20E-03	0.5921	2.96	170.24	0.5911	2.16E-03
合计							29.71	1027.64		

注：AGE：年龄分组（岁），组距为5，最高组为55~60岁；T：年龄组中值；W：年龄组距；N：各年龄组人口；D：各年龄组患病人数；P：年龄组患病专率；A：经变量代换后的值；WA：W与A的乘积；TWA：其三者乘积；AE：A的理论值；PE：理论年龄患病专率。

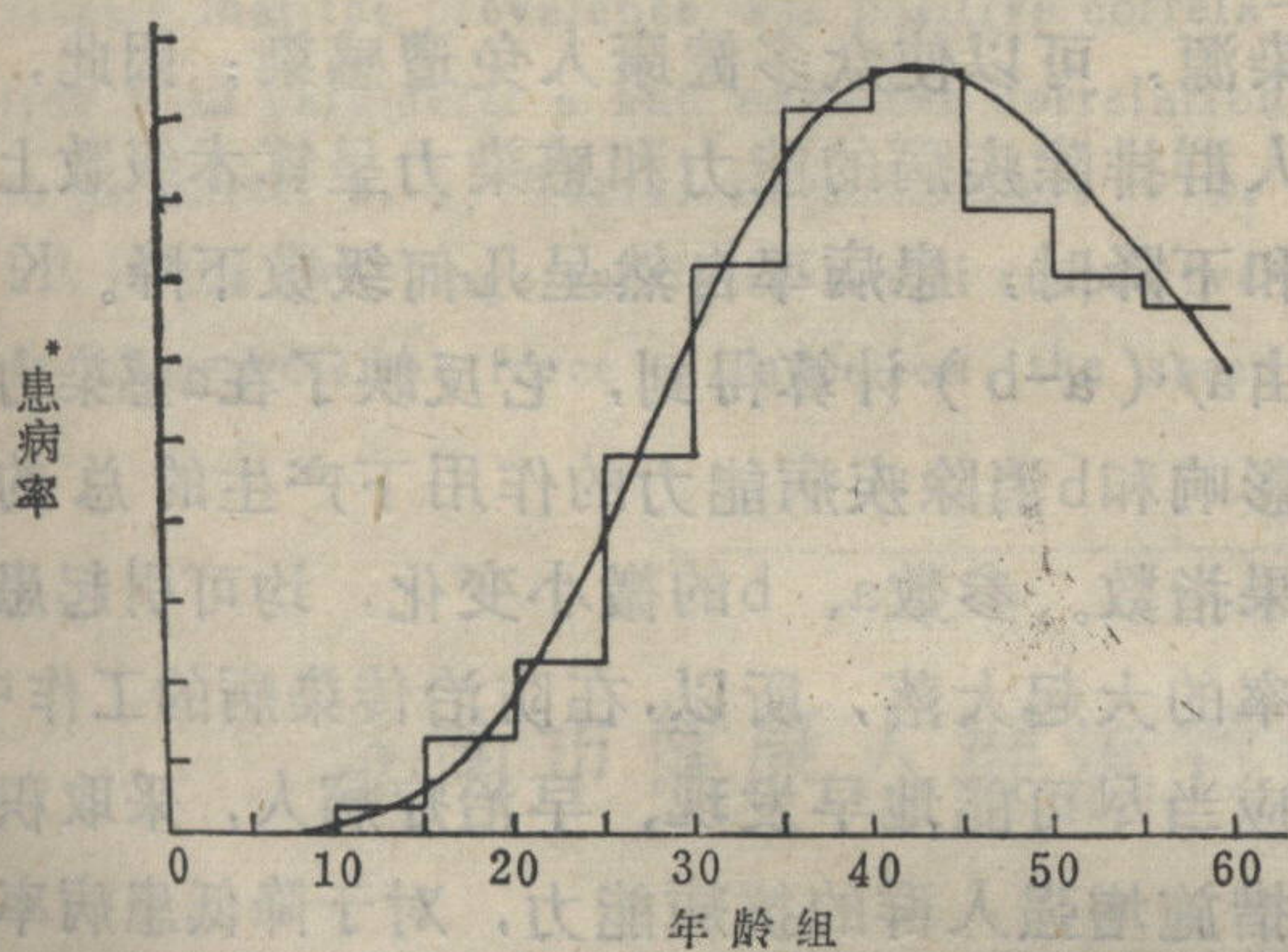


图1 麻风年龄患病专率改进催化模型曲线

* 每格单位为0.3333%

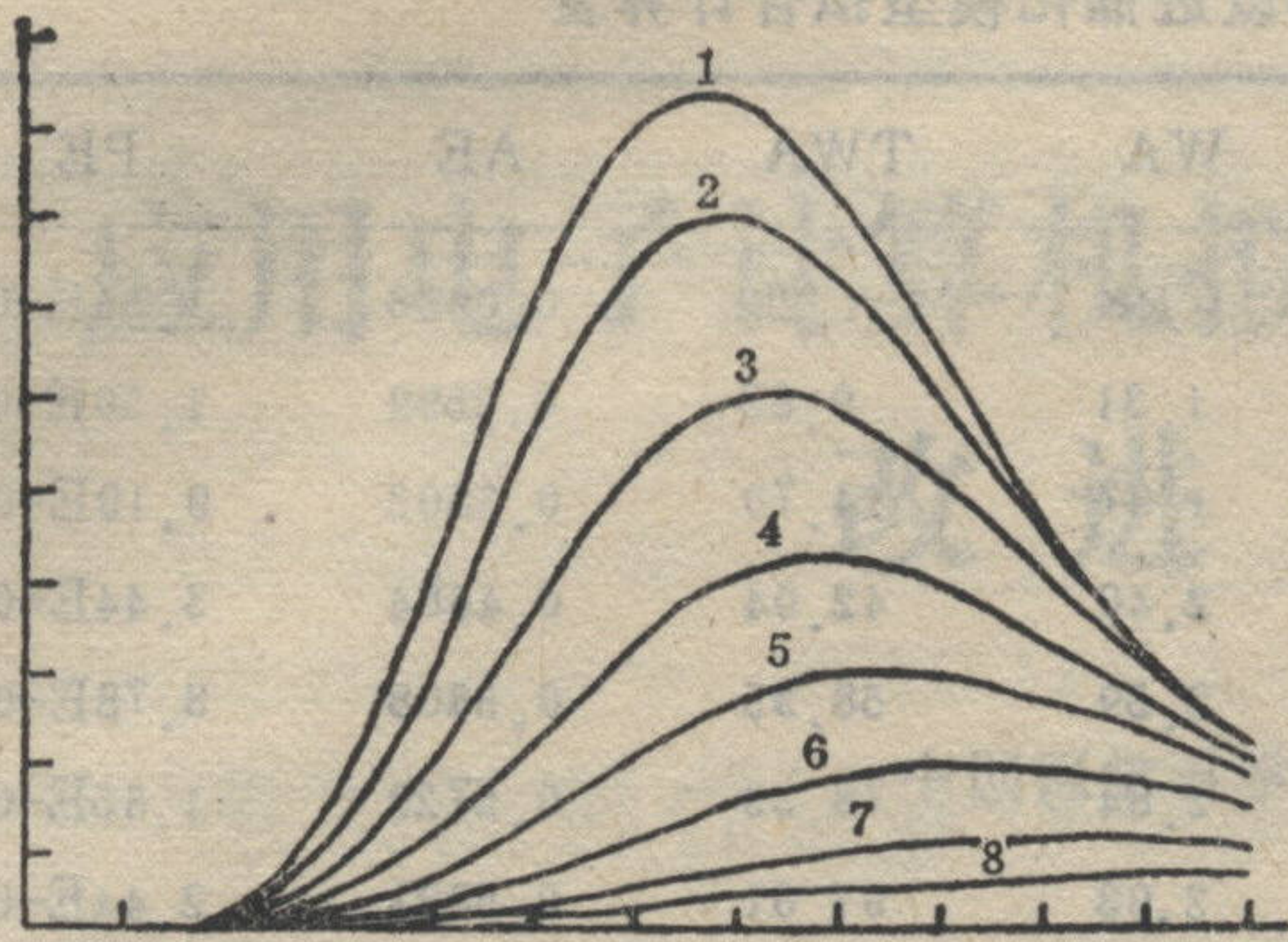
率，平滑曲线为改进催化模型曲线。其它七个地区拟合结果， R^2 值在0.8103~0.9873之间，其中二个为0.8103和0.8980，一个为0.9303，五个均大于0.9700，拟合度令人满意。

讨 论

从以上拟合结果可以看到，麻风病年龄患病专率可以用改进的催化模型来模拟。它是一条较典型的S形曲线；在0~10岁前后，麻风发病呈潜伏状态，曲线上升缓慢；10~15岁，曲

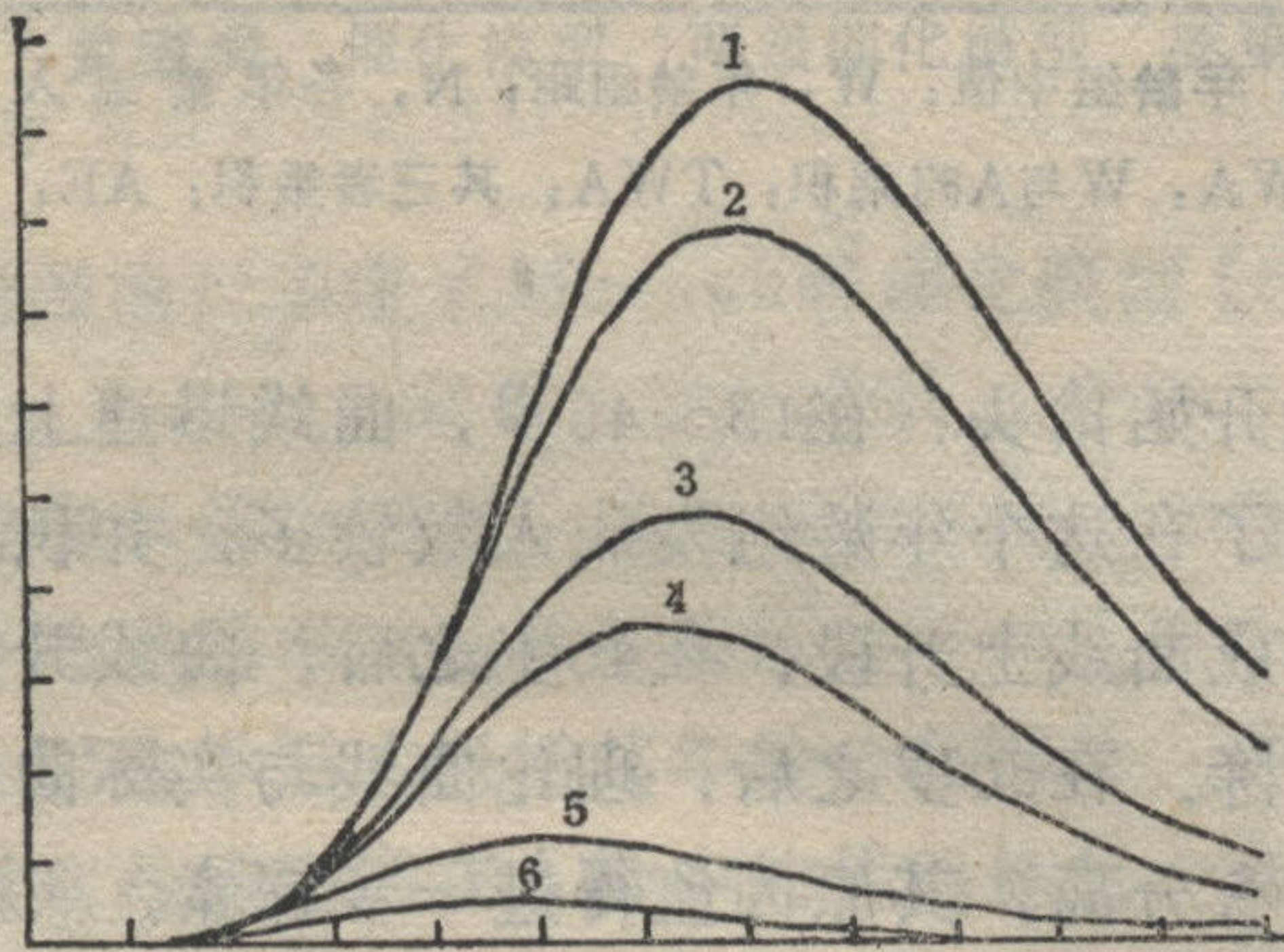
线开始抬头；在15~45岁，曲线迅速上升，表明了在这个年龄组发病人数较多，并积累起来形成曲线上升段；在45岁之后，曲线开始缓慢下降。在50岁之后，理论曲线与实际曲线下降稍有分离，其原因值得进一步探索。

两级催化模型方程中两个参数a和b，分别代表了疾病的感染力和人群排除疾病的速度或能力。前者可以理解为对有关疾病传播的多种因素综合作用大小的一种度量；后者可以认为是人群本身，包括特异、非特异性免疫和临床治疗及社会防治等阻止疾病发生、传播的诸因素综合作用大小的一种尺度。图2和图3为计算机根据不同的a、b值绘制的改进催化模型曲线，直观地说明了曲线形状与参数a、b、k的关系。参数a主要影响曲线上升速度；图2表明当b不变，a越大曲线上升越快，坡度越陡峭，且最高点提前；相当于人群排除疾病的能力不变，疾病感染力越强，人群患病率越高，发病年龄提前；这与麻风流行病学的实际观察结果一致^[5]。参数b主要影响曲线下降速度；图3表明当a不变，b越大，曲线下降速度越快；相当于疾病感染力不变，大面积提高人群抗病能



$b=0.015$
 1. $a=0.055$ 5. $a=0.035$
 2. $a=0.050$ 6. $a=0.030$
 3. $a=0.045$ 7. $a=0.025$
 4. $a=0.040$ 8. $a=0.020$

图2 不同的a值对催化模型曲线的影响



$a=0.050$
 1. $b=0.014$ 5. $b=0.030$
 2. $b=0.015$ 6. $b=0.040$
 3. $b=0.018$
 4. $b=0.020$

图3 不同的b值对催化模型曲线的影响

力, 同样可使患病率下降。实际上, 在人群排除疾病的能力上升时, 疾病感染力也同时下降; 两者相辅相成, 相互制约、消长, 引起患病率的动态变化。

表2列出了八个地区当年麻风患病率与各自改进催化模型的三个参数, 比较它们之间的关系。

很显然, 参数a与患病率成“正变”, 患病率变化幅度大于参数a的变化, 当a作为感染力呈算术级数变化时, 患病率P呈几何级数变化, 两者相关关系可用对数曲线方程表示为: $a=$

表2 麻风患病率与催化模型的三个参数比较

地区编号	患病率	a	b	k
1	0.0001716	0.02920	0.01622	2.249
2	0.0001829	0.02975	0.01610	2.180
3	0.0002134	0.03100	0.01700	2.214
4	0.0002424	0.03340	0.01615	1.936
5	0.0003147	0.03370	0.01470	1.774
6	0.0003539	0.03580	0.01449	1.680
7	0.0006470	0.03724	0.01211	1.482
8	0.001189	0.04229	0.01137	1.368

$0.01201+0.01457\log P$, 相关系数 $r=0.9782$ 。参数b、k与患病率呈“反变”, 可用对数曲线方程表示两者关系: $b=0.02503-0.006764\log P$, $r=-0.9627$ 。患病率与参数a、b的相互消长关系, 可以从防病工作实践得到解释。可以设想, 在某疾病流行时, 作为传染源的病人是一个一个被治愈的, 治好了一个病人, 消灭了一个传染源, 可以使众多健康人免遭感染; 因此, 在人群排除疾病的能力和感染力呈算术级数上升和下降时, 患病率自然呈几何级数下降。K值由 $a/(a-b)$ 计算得到, 它反映了在a感染力的影响和b消除疾病能力的作用下产生的总的效果指数。参数a、b的微小变化, 均可引起患病率的大起大落, 所以, 在防治传染病的工作中, 应当尽可能地早发现、早治疗病人, 采取积极措施增强人群的抗病能力, 对于降低患病率有相当大的意义。

通过对八个地区的麻风年龄患病专率改进催化模型的横断面分析, 作者认为, 可以应用催化模型对不同时期、不同地点或不同人群的疾病年龄患病率进行纵向的和横断面拟合分析, 借助于参数a、b、k, 定量地估计疾病在不同时期、不同地区和不同人群中的感染力、消除疾病的能力和评价防治效果, 分析疾病流行的动态趋势, 为制定防治策略提供理论上的参考。另外, 催化模型在流行病学其它方面的应用, 值得进一步探索、研究。

Ameliorative Catalytic Model of Age-Specific Prevalence of Leprosy Simulated by Using Microcomputer Yang Zhongmin, Institute of Dermatology CAMS, Nanjing

This paper advances an ameliorative catalytic model to imitate age-specific prevalence rates for leprosy by using microcomputer for eight prefectures in Jiangsu province with analyses of results. The author considers that the distribution of age-specific prevalence of leprosy tallies with the ameliorative catalytic model. It is a curve of S shape which slowly goes up at beginning then faster rising and reaching a plateau after the point of peak. The curve is reflected in characteristics with a longer latent period, longer course of the disease and lower incidence.

Through analysing and comparing the practical leprosy prevalence in eight prefectures with three parameters of the catalytic model, it is obviously that the prevalence was positive correlation with parameter a and negative correlation to parameter b, k. Therefore parameters - a, b, k in the two-stage catalytic model respectively represents the force of infection, the speed

of eliminating the disease and an indicator of the effect of control disease.

Catalytic models may be used to simulate and analyse the disease data in various periods, regions or masses for comprehensive evaluation of the force of infection, ability to eliminating disease in a population and the effect of control programme.

Key words Catalytic model Two-stage catalytic model Force of infection Age-specific prevalence of leprosy

参 考 文 献

1. 周怀梧. 数理医药学. 第一版. 上海科学技术出版社, 1983: 20~33.
2. 何尚浦. 流行病学进展. 第一卷. 第一版. 北京: 人民卫生出版社, 1981: 256~273.
3. 杨忠民. 麻风菌素试验和结核菌素试验阳性率的催化模型. 中国卫生统计 1985; 2(2): 21.
4. 上海第一医学院卫生统计学教研组. 医学统计方法. 第一版. 上海科学技术出版社, 1979: 98~99.
5. Lechat MF. Basic epidemiological indicators for monitoring leprosy control. Belgium: Sasaki Memorial Health Foundation, 1983: 14~18.

济南市健康人群流行性出血热隐性感染初步调查

济南军区军事医学研究所 杨占清 张素芹 孟祥瑞

为了解流行性出血热(EHF)流行后在健康人群中隐性感染情况,评价人群免疫水平,于1987年8月我们应用间接免疫荧光技术(IFAT)对济南市既往无EHF病史,近期又无明显发热以及其他类似EHF症状的部分健康人与临床确诊为EHF病人的血清进行了EHF抗体检测。试验用EHF细胞抗原片购于南京军区后勤部军事医学研究所;羊抗人IgG荧光抗体系上海生物制品研究所生产(批号8601);血清标本分别由济南市传染病医院检验科和基建工程八局职工医院提供,保存-20℃冰箱备用。镜检用透射光式荧光显微镜。

本次共检测济南市健康人血清472份, EHF抗体

阳性者16份,阳性率3.39%;检测EHF现症病人26例,阳性者25例,阳性率为96.15%;检测肝炎病人20例,未发现阳性者。其中男性阳性率4.09%,女性2.78%,二者无明显差别。不同年龄组EHF抗体阳性率除20岁以下未查出阳性者外,21岁以上各年龄组均有阳性,但各年龄组间无明显差别。上述结果较国内十三省(市)调查结果(1.53%)和李镐汪等用黑线姬鼠肺抗原片检测城市正常人群结果(1%)略高,但与邻近的江苏省(2.83~3.10%)、安徽省(4.0%)、河南省(4.6%)和山东济宁市(3.1%)等疫区报道的基本一致。