

两级催化曲线模型在肺吸虫病流行病学上的应用

浙江省温州市医药科学研究所 张金良 潘起潜 谢建胜

提要 本文应用两级催化模型对浙江省永嘉县的小长坑、黄过坑两村人群肺吸虫感染进行拟合,得曲线方程: $\hat{y}(\text{小}) = 1.0480 (e^{-0.01375t} - e^{-0.30t})$; $\hat{y}(\text{黄}) = 1.0661 (e^{-0.0155t} - e^{-0.25t})$ 。模型较成功地模拟了两村人群感染肺吸虫的年龄分布情况,定量测知该两村人群肺吸虫平均感染力分别为0.30、0.25。同时,通过模型分析了两村肺吸虫感染状况、人群感染的年龄分布特征等。认为感染力“a”值是一个定量估计流行区肺吸虫感染程度的指标,可作为比较各地流行状况,评价防治效果等。

关键词 两级催化模型 肺吸虫 感染力

本文试用两级催化模型^[1,2]来拟合肺吸虫流行区人群感染率,以此反映人群年龄分布特征、流行程度及感染力等。

拟合基本原理

在肺吸虫病流行区,人们由于生食或半生食溪蟹等以a频率变为感染者x。感染指征以皮试为标准。但随着时间的推移,受感染者又以b的频率失去感染指征,这部分人由于生活习惯的关系往往没有再感染的机会,称为z。故经常保持感染者 $y = x - z$ 。相似于两级催化反应原理。两级催化模型的微分方程:

$$dy/dt = dx/dt - dz/dt = ae^{-at} - by$$

当 $t=0$ 时, $y=0$, 则其特解为:

$$y = \frac{a}{a-b} (e^{-bt} - e^{-at})$$

材料来源

选自1981年以来,我们在浙江永嘉县张溪乡的小长坑村和黄过坑村(以下分别简称为A村和B村)肺吸虫病流行病学调查资料(表1)。调查方法:采用自制1:2000肺吸虫成虫抗原对A、B两村人群进行皮试普查,普查率均达81%以上。凡皮肤丘疹直径 $\geq 13\text{mm}$ 者为阳性,作为肺吸虫感染者。

表1 A、B两村人群肺吸虫成虫抗原皮试普查结果

年龄组(岁)	A村			B村		
	受检人数	阳性数	阳性率(%)	受检人数	阳性数	阳性率(%)
0~	1	0	0	1	0	0
1~	7	0	0	3	0	0
2~	12	3	25.0	10	0	0
4~	45	25	55.6	16	4	25.0
7~	41	36	87.8	23	17	73.9
10~	48	43	89.6	23	20	87.0
15~	31	24	77.4	18	14	77.8
20~	16	14	87.5	9	5	55.6
25~	19	13	68.4	19	12	63.2
30~	20	15	75.0	15	9	60.0
35~	14	9	64.3	5	3	60.0
40~	16	9	56.3	9	7	77.8
45~	7	5	71.4	5	1	20.0
50~	7	5	71.4	7	2	28.6
55~	7	3	42.9	10	4	40.0
60~	5	2	40.0	1	0	0
65~	4	1	25.0	1	0	0
70~	4	1	25.0	1	0	0
75~	1	0	0	1	0	0
合计	305	208	68.2	177	98	55.4

$$\chi^2 = 7.95, P < 0.05$$

拟合方法与结果

一、拟合方法:以A村为例说明拟合计算

表 2

A村人群皮试结果的两级催化模型拟合计算表

年龄组 (岁)	年龄组中值 (t)	组距 (w)	实际阳性率 (y)	A = wy	B = tA	理论阳性率 ($\hat{y}$)
0~	0.5	1	0	0	0	0.1388
1~	1.5	1	0	0	0	0.3584
2~	3	2	0.25	0.500	1.500	0.5794
4~	5.5	3	0.556	1.668	9.174	0.7704
7~	8.5	3	0.878	2.634	22.389	0.8506
10~	12.5	5	0.896	4.480	56.000	0.8579
15~	17.5	5	0.774	3.870	67.725	0.8184
20~	22.5	5	0.875	4.375	98.438	0.7680
25~	27.5	5	0.684	3.420	94.050	0.7178
30~	32.5	5	0.750	3.750	121.875	0.6703
35~	37.5	5	0.643	3.125	120.563	0.6258
40~	42.5	5	0.563	2.815	119.638	0.5843
45~	47.5	5	0.714	3.570	169.575	0.5455
50~	52.5	5	0.714	3.570	187.425	0.5092
55~	57.5	5	0.429	2.145	123.338	0.4754
60~	62.5	5	0.400	2.000	125.000	0.4438
65~	67.5	5	0.250	1.250	84.375	0.4143
70~	72.5	5	0.250	1.250	90.625	0.3868
75~	77.5	5	0	0	0	0.3611
				44.507	1491.69	
$\bar{t} = \Sigma B / \Sigma A = 33.516$ $a' = 0.24$ $a = a' / d = 0.30$ $\Sigma' A = \Sigma A / d = 55.634$ $b' = 0.011$ $b = b' / d = 0.01375$ $\bar{t}' = \bar{t} / d = 41.895$ 曲线最高点: $(\ln a - \ln b) / (a - b) = 10.8$ (岁) 曲线方程: $\hat{y} = c(e^{-bt} - e^{-at})$, 即: $\hat{y} = 1.0480(e^{-0.01375t} - e^{-0.30})$						

过程(表2)。

- ①先求出A、 ΣA 、B、 ΣB 、 $\Sigma' A$ 、 $\bar{t}'$ 值。
- ②求a'、b'值: 以两块透明三角板分别对准Mu-ench的两级催化模型诺模图上 $\bar{t}'$ 和 $\Sigma' A$ 处, 在两三角板交点处读得相应两值。这样由于误差较大, 故我们以此两值为基数, 应用微机进行模拟拟合, 取拟合效果最佳时两值, 即为a'、b'值。
- ③求a: $a = a' \div d / 100$
- ④求b: $b = b' \div d / 100$
- ⑤求常数c: $c = a / (a - b)$
- ⑥求曲线最高点T: $T = (\ln a - \ln b) / (a - b)$
- ⑦曲线方程: $\hat{y} = c(e^{-bt} - e^{-at})$
- ⑧把各t值代入方程, 得各 $\hat{y}$ 值。

二、拟合结果: 通过拟合计算, A、B两村人群肺吸虫感染率的两级催化模型曲线方程分别为:

$$\hat{y}(A) = 1.0480(e^{-0.01375t} - e^{-0.30t})$$
$$\hat{y}(B) = 1.0661(e^{-0.0155t} - e^{-0.25t})$$

三、拟合度评价: 应用 χ^2 检验对上述两模型进行拟合度评价, 结果说明拟合良好, 由模型所得理论年龄阳性数和实际情况基本相符(表3)。

讨 论

一、A、B两村两级催化模型曲线方程的参数a、b值分别为0.30和0.01375; 0.25和0.0155。参数a表示每年平均阳转率, b值表示每年平均阴转率。故知两村人群总感染力“a”分别为0.30和0.25。即每年平均有30%、25%的人感染肺吸虫, 同时, 每年平均有1.375%、1.55%的人皮试由阳性转为阴性。由感染力“a”知道, 两村人群的感染速率不同, 即两

表 3 A、B两村催化模型拟合度 χ^2 检验

年龄 组 (岁)	A 村			B 村		
	实际 阳性 数	理论 阳性 数	χ^2	实际 阳性 数	理论 阳性 数	χ^2
0~	64	80	3.2000	21	36	6.2500
10~	43	41	0.0976	20	19	0.0526
15~	24	25	0.0400	14	14	0
20~	14	12	0.3333	5	7	0.5714
25~	13	14	0.0714	12	13	0.0769
30~	24	22	0.1818	12	13	0.0769
40~	14	13	0.0769	8	8	0
50~	12	13	0.0769	5	7	0.1429
合计			4.0779			7.1707

$$n' = 7, \chi^2 < \chi^2(7) 4.671, P > 0.7;$$

$$n' = 7, \chi^2 < \chi^2(7) 8.383, P > 0.3$$

村肺吸虫病流行程度不一，A村要比B村严重。

“a”值反映了两村人群肺吸虫传播速率，并提供了一个定量估计流行区肺吸虫感染程度的指标。用这指标可作比较各地流行状况，评价防治措施和效果等。

二、由模型得知两村肺吸虫感染程度不同。这主要与当地溪蟹感染率及感染度、人群生活习惯及自然地理环境等因素有关。因B村地处A村上游，溪流狭小，水流急。经检测B村的溪蟹感染率及感染度都显著低于A村。故人群肺吸虫感染率较A村低。

三、模型较成功地模拟了人群感染肺吸虫的年龄分布特征，定量反映肺吸虫对人体的感染力，经计算A村的感染率以10.8岁为最高，B村为11.9岁。由模型参数b值较小可知，感染肺吸虫后自然消除率较低，即感染指征阴转需有较长一段时间。模型在2岁以下组拟合效果不够理想。由于模型拟合前提是假设人群感染力“稳定”，在一段时期内基本保持不变。肺吸虫感染主要取决于感染机会，即生食或半

生食溪蟹，而婴幼儿尚未接触溪蟹，据调查资料表明：2岁以下组感染率为0。另则该组调查人数还不够多，故拟合效果欠佳。若采用随时间变化(time-depent)的感染力来拟合，结果可更为满意。

The Application of the Two-Stage Catalytic Model in the Epidemiology of Paragonimiasis Zhang Jin-liang, et al., Wenzhou Institute of Medical Science, Zhejiang

In this paper, the two-stage catalytic model was applied to fit the data obtained from the two Paragonimiasis endemic villages, Xiao Changkeng (XCK) and Huang Guokeng (HGK), Yongjia County, Zhejiang Province. The equation obtained as follow:

$$\hat{y}(XCK) = 1.0480 (e^{-0.01375t} - e^{-0.3t})$$

$$\hat{y}(HGK) = 1.0661 (e^{-0.0155t} - e^{-0.25t})$$

This model has fitted successively the age distribution of Paragonimiasis. The average force of infection of pulmonary trematode of the populations in these two villages was 0.3 and 0.25 respectively. By means of the model, the condition of infection and the feature of the age-distribution of the population infected were analyzed. It was suggested that the value “a” of infecting force was a quantitative index to estimate infective degree of pulmonary trematode, and might be used to compare the epidemic conditions in every place and to evaluate the treatment and prevention effects.

Key words Two-stage catalytic model
Pulmonary trematode Force of infection

参 考 文 献

1. Muench H. Catalytic models in Epidemiology, Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. 1959.
2. 何尚浦, 等. 流行病学进展. 第一卷. 第一版. 北京: 人民卫生出版社, 1981: 256~273.