

核辐射伤防治药品的信息熵储备模型研究

张佳音, 舒丽芯, 陈盛新, 栾潇潇, 田甜 (第二军医大学药学院药事管理学教研室, 上海 200433)

摘要 目的: 寻找一种合理的计算方法来确定核辐射防治药品的储备量。方法: 运用信息熵和泊松分布来进行计算。结果与结论: 当 K_0 分别取 0.3、0.5、0.75、1, K_u 分别取 5、10、20、30、50 时, 核辐射伤防治药品储备取值范围在 23~31 个基数之间, 最小为 23, 最大为 31。因为核辐射伤的人数、程度等存在很多不确定性, 所以结果有待进一步的研究考证。

关键词 核辐射防治药品; 储备; 信息熵模型

中图分类号: R954 文献标识码: A 文章编号: 1006-0111(2008)02-0120-03

Study on the reserved model of information entropy for the calculation of the amount of nucleus radiant prevention drugs

ZHANG Jiayin, SHU Lixin, CHEN Shengxin, LUAN Xiaoxiao, TIAN Tian (Department of Pharmacy Administration, School of Pharmacy, Second Military Medical University, Shanghai 200433 China)

ABSTRACT Objective To find a reasonable counting method to ensure the reserved amount of nucleus radiant prevention drug. **Methods** Information entropy and Poisson distribution were used. **Result and Conclusion** When 0.3, 0.5, 0.75, 1 was chosen as K_0 , while 5, 10, 20, 30, 50 as K_u , the range of indices of repository amount of nucleus radiant prevention drugs was between 23 and 31, among which 23 was the smallest and 31 the biggest. Because of the uncertainty of number and the degree of injured, this result should take a further research.

KEY WORDS nucleus radiant prevention drug; reserved; information entropy model

由于核威慑和核恐怖的存在以及核能的进一步广泛应用, 核辐射损伤及其防治已成为国际社会不得不面临的一大挑战。虽然, 从历史的角度看, 核辐射伤的发生是一个小概率事件, 但从医学的角度看, 必须具备大保障能力和物资准备。因此, 为了应对核威慑和核恐怖的威胁, 保持适当的核辐射防治药品储备是十分必要的。由于核辐射防治药品与普通常用药品的需求有显著差别, 不能沿用普通药品的储备模式和方法, 所以, 本文根据核辐射伤的需求特点, 运用信息熵原理, 探讨核辐射防治药品的信息熵储备模型, 以期为国家军队医药储备的战略决策提供参考。

1 材料与方法

1.1 信息熵模型 根据决策变量的性质, 信息熵决策模式可以分为两类: 连续型变量的信息熵决策模式和离散型变量的信息熵决策模式^[1]。鉴于核辐射损伤发生的特点, 本研究选用离散型变量的信息熵模型

对核辐射伤防治药品储备量 (以基数为单位) 进行模拟分析。假设核辐射伤药品需求量 (状态变量) x 是一个离散型的随机变量, 其概率为 $P(x)$, 相对应的储备量 (决策变量) a 也是一个离散型的随机变量, 并设: K_0 为过量储备一个基数核辐射伤药品, 因过期报废造成的经济损失; K_u 为储备不足, 每缺少一个基数的储备造成的经济损失。当 $a \geq x$ 时, 核辐射伤药品储备过量, 经济损失为 $K_i = K_0(a - x)$; 确定药材储备系统信息熵的计算公式为:

$$H = - \sum_{i=0}^n K_i P(x_i) \log_2 P(x_i) \quad (1)$$

核辐射伤药品储备过量引起系统的信息熵增加量 (ΔH_1) 为:

$$\Delta H_1 = -K_0 \sum_{x=0}^a P(x) \log_2 P(x) \quad (2)$$

同理, 当 $a \leq x$ 时, 因核辐射伤药品储备不足引起系统的信息熵增加量 (ΔH_2) 为:

由式 (2)和 (3)相加, 得到药材储备系统总的信息熵增加量为:

$$\Delta H_2 = -K_u \sum_a^x P(x) \log_2 P(x) \quad (3)$$

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 = -K_0 \sum_{x=0}^a P(x) \log_2 P(x) - K_u \sum_a^x P(x) \log_2 P(x) \quad (4)$$

当选择最优的决策变量 $a = a^*$ 时, 药材储备系统的信息熵增加量将会达到最小值, 满足下列关系式:

$$H(a^*) = \frac{K_u H_0}{K_u + K_0} \quad (5)$$

$$- \sum_{x=0}^{a^*-1} P(x) \log_2 P(x) \leq \frac{K_u H_0}{K_u + K_0} < - \sum_{x=0}^a P(x) \log_2 P(x) \quad (7)$$

H_0 为核辐射伤药品需求量 x 的信息熵, 它反应储量不确定性、随机性和复杂性的程度; $H(a^*)$ 是 x 的部分信息熵, 反映储备量的空间结构, 通过式 (7), 就能求得最优值 a^* 。 a^* 就是储备的最佳物资数量。

1.2 核辐射伤药品需求量的概率分布 核辐射伤药品的需求属于离散型随机变量, 因此其概率分布服从参数为 λ 的泊松分布 (Poisson distribution)。

$$P(x_i) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} \quad (8)$$

($k = 0, 1, 2, \dots, n, \dots; \lambda > 0$)

其中

$$H_0 = - \sum_{i=0}^n P(x) \log_2 P(x), \quad i = 0, 1, \dots, n, \dots \quad (6)$$

根据有关资料的粗略统计, 自 1945 年原子弹诞生至今的 63 年间, 历史上曾经发生过的核战争、核爆炸以及伤亡在 10 人以上的核泄漏、核临界事故伤员约为 115 200 人^[2-5]。假设有能力对全部伤员进行救治, 那么救治机构一次通过这些伤员需要消耗约 1 152 个基数的核辐射伤药品。因此:

$$\lambda = np = 1\,152 \times \frac{1}{63} = 18\,2857$$

核辐射伤药品需求量概率分布见表 1。

表 1 核辐射伤药品需求概率分布表

i	x_i	$P(x_i)$	i	x_i	$P(x_i)$	i	x_i	$P(x_i)$
0	0	1.144 5 E-08	15	15	0.074 781 297	30	30	0.003 149 996
1	1	2.092 8 E-07	16	16	0.085 464 32	31	31	0.001 858 061
2	2	1.913 41 E-06	17	17	0.091 927 986	32	32	0.001 061 749
3	3	1.166 27 E-05	18	18	0.093 387 139	33	33	0.000 588 328
4	4	5.331 53 E-05	19	19	0.089 876 323	34	34	0.000 316 412
5	5	0.000 194 982	20	20	0.082 172 619	35	35	0.000 165 309
6	6	0.000 594 23	21	21	0.071 551 651	36	36	8.396 65 E-05
7	7	0.001 552 273	22	22	0.059 471 488	37	37	4.149 69 E-05
8	8	0.003 548 053	23	23	0.047 281 669	38	38	1.996 84 E-05
9	9	0.007 208 743	24	24	0.036 024 12	39	39	9.362 49 E-06
10	10	0.013 181 67	25	25	0.026 349 065	40	40	4.279 99 E-06
11	11	0.021 912 381	26	26	0.018 531 206	50	50	4.798 79 E-10
12	12	0.033 390 287	27	27	0.012 550 232	100	100	1.994 32 E-40
13	13	0.046 966 547	28	28	0.008 196 068	150	150	4.154 28 E-82
14	14	0.061 344 047	29	29	0.005 167 963	> 150	> 150	7.598 09 E-06 ¹⁾

¹⁾ 为累计概率 $\sum P_{x_i}, i > 150$

2 结果与分析

2.1 H_0 值 根据式 (6) 计算 H_0 得:

$$H_0 = - \sum P(x_i) \log_2 P(x_i) = 4.1367$$

2.2 $H(a^*)$ 值 由于核辐射伤药品的有效期 1~5 年不等,多数为 2 年、3 年。所以,多储备 1 个基数的损失 K_0 有多种可能,分别以 0.3 0.5 0.75 1 进行计算;同理,少储备 1 个基数的损失 K_u 分别取值 5 10 20 30 50 进行计算。根据式 (5) 计算 $H(a^*) = K_u H_0 / (K_u + K_0)$, 结果如表 2 所示。

表 2 $H(a^*)$ 值计算表

K_u	K_0			
	0.3	0.5	0.75	1
5	3.902 5	3.760 6	3.597 1	3.447 2
10	4.016 2	3.939 7	3.848 2	3.760 6
20	4.075 6	4.035 8	3.987 2	3.939 7
30	4.095 7	4.068 9	4.035 8	4.003 2
50	4.112 0	4.095 7	4.075 6	4.055 6

2.3 核辐射伤防治药品储备最优值 依据式 (7)

依次计算 $Z_i = - \sum_{j=0}^i P(x_j) \log_2 P(x_j)$ (其中 $i = 0, 1, 2, \dots, 1152$), 结果见表 3。当 $i > 50$ 时, Z_i 变化小于 10^{-9} , 因此不再一一列举。

表 3 Z 值计算表

x_i	Z_i	x_i	Z_i	x_i	Z_i
0	3.019 3E-07	15	1.205 3	30	4.094 9
1	4.945 4E-06	16	1.508 6	31	4.111 7
2	4.129 15E-05	17	1.825 1	32	4.122 2
3	0.000 2	18	2.144 6	33	4.128 5
4	0.001 0	19	2.457 0	34	4.132 2
5	0.003 4	20	2.753 2	35	4.134 3
6	0.009 8	21	3.025 5	36	4.135 4
7	0.024 2	22	3.267 6	37	4.136 0
8	0.053 1	23	3.475 8	38	4.136 3
9	0.104 4	24	3.648 5	39	4.136 5
10	0.186 7	25	3.786 7	40	4.136 6
11	0.307 5	26	3.893 4	50	4.136 6
12	0.471 3	27	3.972 6	100	4.136 6
13	0.678 5	28	4.029 4	150	4.136 6
14	0.925 5	29	4.068 7

从表 2 和表 3 中可知,当 K_0 分别取 0.3 0.5 0.75 1, K_u 分别取 5 10 20 30 50 时,核辐射伤防治药品储备取值范围在 23~31 个基数之间,最小为 23,最大为 31。

3 结论与讨论

核辐射伤发生的概率及减员估计十分复杂,而核辐射伤救治药品的用途非常有限,储备少难解燃眉之急,储备多则浪费严重,因此确定合理储备量一直是国家医药储备工作的难点。本研究根据核辐射伤发生的特点,采用泊松分布估计核辐

射伤防治药品需求的概率,运用信息熵模型研究核辐射伤救治药品的储备最优方案,为解决这一复杂的储备问题进行了有益的尝试,提供了一种新的研究思路和方法。

3.1 泊松分布参数 λ 泊松分布是描述稀有事件发生概率分布的有效方法之一。本研究对泊松分布中的参数 λ 采用经验法估计,即由历史数据确定药品需求总量 n 和每年使用核辐射伤药品的概率 P_0 。随着时间的推移和数据的积累,概率分布会发生变化,最优解也会随之改变。如,假设到 2025 年,因上述各事件发生的减员约 120 000 人,那么核辐射伤药品最佳储备量取值将在 19~27 个基数之间。

3.2 K_u 取值 理论上讲,储备不足的损失除了可以计算的物质损失外,还应包括因救治不力而导致的人员死亡或伤残的损失,本模型仅对 K_u 取值作了粗略估计。但是,由于遭受核辐射损伤后对生命的效用和效益值测算更为复杂,因此,核辐射伤药品储备决策者可酌情设定 K_u 值。

3.3 核辐射伤防治药品的范围 核辐射伤伤势严重,伤情复杂,救治药品品种多,消耗大。有些属于战伤救治范围,可以按战备药材储备来确定。因此本研究只限于辐射伤的预防与治疗药品。另一方面,预防用量与治疗用量差别也很大,为简便起见,本研究以基数作为计量单位(即 100 名伤员一次救治用量),应用时应根据实际情况酌情增减。

3.4 结果的适用性 本研究是从世界范围及多角度考察核辐射伤的发生几率,由于核辐射致伤原因构成的不均衡,因此,对于核袭击的辐射伤概率存在着高估的可能性,但对于其储备量存在着低估的可能性,而对于核泄漏损伤救治药品储备量存在着高估的可能性。应用时应考虑具体情况,适当予以调整。

参考文献:

- [1] 姜大立,王丰,张剑芳.军事物流系统模型与应用[M].北京:中国物资出版社,2006.
- [2] 陈肖华,毛秉智.日本东海村核化工厂临界事故及应急医学处理[J].国外医学·放射医学核医学分册,2003,27(1):28.
- [3] 史志诚.当代世界 50 起重特大毒性灾害初析[J].灾害学,1995,10(2):73.
- [4] 侯明东.广岛长崎原子弹爆炸的回顾与反思[J].现代物理知识,2006,18(1):56.
- [5] 伍浩松,常冰.联合国就切尔诺贝利事故的影响发表最新报告[J].国外核新闻,2005,9:2.