

海军卫勤

战时医院船床位利用排队系统研究

邹志康¹, 刘巽明²

(1. 第二军医大学研究生院, 上海 200433; 2. 海军医学研究所, 上海 200433)

[摘要] 目的:科学预计一定床位医院船在登岛作战中最大伤员通过量,研究合理利用医院船床位的组织指挥方法。方法:采用运筹学中随机服务系统理论对医院船床位利用排队系统进行研究。结果:模拟一定床位医院船战时最大日伤员通过量,指出适当增加床位、缩小救治范围对医院船伤员收容的影响程度,提出提高收容能力的具体措施。结论:排队论理论的应用,提高了战时医院船伤病员救治效率,丰富了卫勤组织指挥理论。

[关键词] 医院船;排队论;卫勤组织指挥

[中图分类号] R821.89 [文献标识码] A [文章编号] 1009-0754(2003)02-0139-04

Research on the Queuing System of Hospital Ship Beds during War

ZOU Zhi-kang, LIU Xun-ming

(The Second Military Medical University, Shanghai 200433, China)

Abstract: Objective: To forecast the quantity of the wounded passing through the hospital ship in one day, explore how to arrange hospital beds and make full use of medical resources. Methods: Queuing theory was used to make research on the queuing system of hospital ship beds. Results: The number of the wounded passing through a hospital ship in one day was put forward, increasing beds and reducing the range of the wounded was pointed out, and measures for increasing the capacity of the hospital ship were brought out. Conclusion: Queuing theory is scientific and effective in organizing the wounded on the hospital ship and will enrich the theors of medical service on the hospital ship.

Key words: hospital ship; queuing theory; organize and command

现代海战包括登岛作战,减员的重要特征是伤员发生和分布不均衡,特别是在瞬间集中发生大批伤员,造成医疗后送任务的突发性。作为海上医疗机构的医院船,在短时间内接受大批伤员的能力,可视为海上卫勤保障优劣的关键。因此,提高战时医院船的救治效率的关键,在于大批伤员到达时所采取的卫勤对策。

本研究回顾历史上战时伤病员产生和救治的规律,运用运筹学中随机服务理论的相应模型,通过适当的数理变换,模拟战时一定床位医院船伤病员救治的过程,对床位利用进行最优设计和运营,提出科

学、有效的措施,从而最大限度地利用医院船资源。

1 研究对象

根据战时伤病员产生和后送的规律,选取 100 张床位医院船伤病员救治床位利用为研究对象,建立排队系统(图 1)。

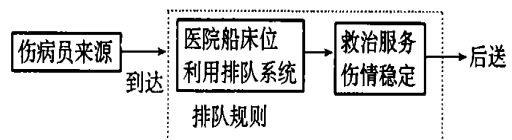


图 1 医院船床位利用排队系统

2 研究内容和方法

2.1 回顾历次战争中伤病员发生后送到医院船(或同级医疗机构)的时间间隔,统计分析伤病员后送时间,确定医院船伤病员救治床位利用时间分布理论模型。

2.2 统计分析历史上战地医院船(或同级医疗机构)留治伤病员时间,通过适当数量转化,确定床位利用排队系统符合某一理论分布类型。

2.3 根据排队系统的理论分布类型,通过适当的数理变换,确定床位利用模型,运用 VB 编程技术分别对该系统模型进行描述。

2.4 分析不同条件下各模型参数对排队系统的影响程度及影响方式,评价改善排队状况各种方法的优劣程度,通过微观的分析得出宏观的结论。

2.5 评估不同床位医院船的收治能力,提出在不同条件下提高医院船救治能力和措施,从理论上阐明战时医院船救治范围,丰富医院船的卫勤理论。

3 结果

3.1 医院船上重伤员、术后伤员留治时间的分布类型

在战争烈度和医务人员及床位的有限性方面,战时医院船与陆上某些战役中师救护所的战技指标相当,因此,理论上可将该师救护所伤病员留治的伤情视为战时医院船伤病员留治的伤情。朝鲜战争期间,1953 年夏季进攻战中志愿军 3 个师救护所重伤员、术后伤员留治天数如下^[1]。

表 1 朝鲜战争期间志愿军 3 个师救护所重伤员及术后留治天数

伤 类	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	合计
开放气胸封闭术后	5	7	8	2		3	25
肠修补术后			3	3	3	1	10
颅脑穿透伤	24	6			3		33
截肢术后	13	3	6				22
颜面部伤	6		3				9
脊柱脊髓伤	3					6	9
肢体骨折	36	12	6	7			61
胸壁伤	3						3
多处伤	3	20			6	11	40
胸腹混合伤	3	3	7				13
合 计	96	51	33	12	12	21	225

经 ² 检验,上述伤员伤部分布与第二次世界大战中美国海军舰艇伤员伤部分布无显著差异^[2]。因此,可假设未来海战中伤员伤部分布与“二战”中美国海军舰艇伤员伤部分布相似,在伤情相似的情况下,伤员需要留治的时间基本相同。朝鲜战争 1953 年夏季战役中志愿军 3 个师救护所重伤员的平均留治时间为 (2.36 ± 2.63) d,其相关数据对战时医院船床位利用进行排队系统分析有参考意义。

3.2 战时伤病员到达时间间隔分布类型

战时伤员的到达是一个随机的过程,具有以下 2 个特点: 以天为单位,到达两个伤员的时间间隔,可视作一个无后效性的过程,即在不相重叠的时

间段内伤员到达的数量相互独立。在任意时间段 $T + T$ 内到达 1 个伤员的概率与 t 无关,即在任意时刻起的固定时间段内到达 1 个伤员的概率与时刻无关。以上特点正是泊松分布,可以用泊松流描述伤员到达规律。此外,泊松流满足负指数分布,也可用负指数分布描述。

3.3 排队系统的类型

根据上述结果,伤病员单位时间内到达频数服从泊松分布,留治时间 S 服从一般分布,因此,该到达过程与服务过程构成的排队系统记为 M/G/K。

M/G/K 排队系统可用下列数学模型进行描述^[3,4]:

$$= \lambda E[S]$$

$$W_q = \left[\frac{[\text{Var}[S] + (E[S])^2]}{(\lambda - 1)! \cdot 2 E[S] \cdot (\lambda - 1)!} \right] \left[\frac{1}{n-1} \frac{n}{n!} + \frac{n}{(\lambda - 1)! \cdot (\lambda - 1)!} \right]^{-1}$$

$$L_q = \lambda W_q$$

$$W_s = W_q + E[S]$$

$$L_s = \lambda W_s$$

$$P(n-1) = b \sum_{n=0}^{n-1} P(n)$$

其中 $P(n) = \frac{\lambda^n}{n!} e^{-\lambda}$, $n=1, 2, 3, \dots$

$$b = \left(\sum_{n=0}^{n-1} P(n) \right)^{-1}$$

公式中 n 代表床位数, λ 代表到达率, ρ 代表平均使用率, W_q 代表平均等待时间, L_q 代表平均队长, P 代表不需等待的概率。

3.4 100 张床位医院船收治重伤员及术后伤病员床位利用描述

医院船床位为 100 张, 即实际服务台数为 100 张, 平均留治时间为 $(2.36 \pm 2.63) d$ 。平均留治时间固定, 到达频数改变时, 排队系统各参数相应变化, 见表 2。

表 2 100 张床位医院船排队系统不同到达率时参数变化

λ	ρ	W_q	L_q	P
42	0.9912	1.7690	74.30	0.1037
41	0.9676	0.3510	14.39	0.3455
40	0.9440	0.1430	5.73	0.5380
39	0.9204	0.0685	2.67	0.6860
38	0.8968	0.0344	1.31	0.7960

留治时间标准差减小到 1, 排队系统各参数相应变化, 见表 3。

表 3 标准差为 1 时 100 张床位医院船排队系统参数变化

λ	ρ	W_q	L_q	P
42	0.9912	1.4180	59.54	0.1037
41	0.9676	0.2810	11.53	0.3455
40	0.9440	0.1148	4.59	0.5380
39	0.9204	0.0549	2.14	0.6860
38	0.8968	0.0275	1.05	0.7960

到达频数固定, 床位数改变时, 排队系统各参数相应变化, 见表 4。

到达率固定时, 不同留治时间, 排队系统各参数相应变化, 见表 5。

表 4 $\lambda=43$ 时不同床位排队系统参数变化

n	ρ	W_q	L_q	P
101				
102	0.9949	3.135	134.81	0.062
103	0.9852	0.946	40.69	0.172
104	0.9758	0.502	21.57	0.272
105	0.9665	0.314	13.51	0.636
106	0.9574	0.213	9.02	0.445
107	0.9484	0.151	6.51	0.519

表 5 $\lambda=43$ 时不同服务时间排队系统参数变化

$E(S)$	ρ	W_q	L_q	P
2.32	0.9976	6.986	300.4	0.029
2.31	0.9933	2.369	101.9	0.080
2.30	0.9890	1.364	58.7	0.128
2.29	0.9850	0.927	39.8	0.175
2.28	0.9800	0.683	29.4	0.221
2.20	0.9460	0.150	6.4	0.524
2.10	0.9030	0.040	1.7	0.770

4 讨论

4.1 改进医院船收治能力的措施

当医院船床位利用出现排队现象时, 可以采取多种方法改善排队参数指标。

4.1.1 降低到达率 即在医院船床位利用出现排队现象时, 拒绝前方后送的伤病员。表 2 可见, 到达率降至 1 时, 平均队长和平均等待时间有明显改善; 随着进一步降低到达率, 改善程度趋于不明显, 不需要等待就能入院的概率随之平稳增加, 单个床位的繁忙程度相应渐小。

4.1.2 减少留治时间标准差 其本质在于尽快后送部分需要留治的伤员, 在伤病员出现大量排队现象时提高医院船收容量。表 3 可见, 在其他指标不变的条件下, 将留治时间标准差减为 1 时, 平均队长大幅度下降, 因此降低标准差是改善排队指标的有效方法。

4.1.3 增加床位数 通常情况下出现排队现象时总是先考虑床位数的增加。表 4 可见, 当床位数由 102 增加到 103 时, 各项排队指标明显改善, 但在实践中此举相当困难, 涉及空间、人员、装备等诸因素的限制, 尤其是处于海上的医院船。同时, 随着床位数的增加, 改善曲线呈平缓趋势, 也造成床位利用率的下降, 增加越多, 利用率就越低。如, 到达率为 43 时, 102 张床位时床位利用率为 99.49%; 床位数增加到 107 张时, 利用率降为 94.84%。结果表明, 增

加床位数在一定时段内能取得显著效果,但不是最佳选择。

4.1.4 缩短留治时间 即加强海上伤员后送。表 5 可见,随着留治时间的少量缩短,平均队长大幅度降低,平均等待时间大幅度缩短,但单个床位繁忙程度变化不明显。由此可以认为,减少留治时间标准差是改善排队指标的理想措施之一。

4.2 100 张床位医院船收治能力评估

通过上述分析,100 张床位医院船平均每天收容 40 名重伤员时,等待时间为 0.143 d,约 3.4 h。按照目前医院船卫勤功能定位,每天收容 40 名重伤员为 100 张床位医院船最大收容能力。

4.3 不同床位医院船日伤员通过量

按上述方法,分别运用排队论模型对不同床位数医院船进行分析,得出不同床位医院船收容能力,见表 6。

表 6 不同床位数医院船收容能力及平均繁忙程度

床位数 (张)	伤员通过量 (人/d)	每增加 100 张床位 实际增加伤员通过量	平均繁忙程度 (%)
100	40		94.40
200	81	1	96.10
400	165	1.50	97.00
500	209	2.75	98.90
800	338	1.20	99.20
1 000	423	0.25	99.22

综上所述,战时发挥医院船的最大效益,可以从两个方面考虑:一是充分论证医院船的规模,综合考虑军事效益和经济效益,确定医院船的吨位和床位数。根据本研究结论,目前我国建造 500 张床位医院船将在军事上产生较大效益。二是将医院船的救治范围作为变量,根据伤病员的产生和到达率而变化,按战时实际确定。预计有大批伤员到达时,将部分大血管损伤和需截肢、较严重脏器损伤伤员越级后送,从而使更多的伤员得到及时救治。

[参考文献]

[1] 饶正锡. 抗美援朝战争卫生工作总结(卫生勤务)[M]. 北京:人民军医出版社,1988.

[2] 吴国南,刘巽明. 第二次世界大战美海军 5 780 艘参战舰艇战斗减员分析[J]. 人民军医卫勤学术专刊,1994,12:14-19.

[3] 钱颂迪. 运筹学(修订版)[M]. 北京:清华大学出版社,1990. 310-348.

[4] 孙海,姚留声,余鼎昌. 救护所手术伤员通过情况的计算机模拟[J]. 人民军医卫勤学术专刊,1986,3:13-20.

(收稿日期:2002-11-05)

(本文编辑:甘辉亮)

旧坑道改造与战时医院转入研究

孙跃宏¹, 季玉峰², 张明月², 向建华³, 浦涛², 蔡宏伟², 邬红辉²

(1. 解放军 92910 部队后勤部,浙江 宁波 315040; 2. 解放军第四一三医院,浙江 舟山 316000; 3. 海军后勤部卫生部,北京 100841)

[关键词] 坑道;医院转入;卫生战备

[中图分类号] R821.51 [文献标识码] B [文章编号] 1009-0754(2003)02-0142-03

我国坑道多数建于 20 世纪 70 年代,是人防工程的重要组成部分,目前多处于闲置状态。军队医院利用就近的闲置坑道,按野战医院要求稍加改造,战时即可将医院转入并展开,对做好新时期军事斗

争卫勤准备具有现实的意义。

1 研究的目的是和意义

战时快速启用坑道与医院转入越来越受到关注。对战略防御性的军队医院,能提供安全隐蔽的