

DOI: 10.3969/j.issn.1671-9638.2016.04.006

· 论 著 ·

精益六西格玛法在医疗废物管理中的应用

刘聚源, 王琢非, 殷京林, 赵东升, 李燕明, 孟令芸, 李娜, 王忠, 蔡虹

(北京医院, 北京 100730)

[摘要] 目的 评价精益六西格玛法对某院医疗废物管理进行干预的效果。方法 调查某三级甲等医院住院病区 and 手术室的医疗废物处理相关情况, 并随机抽取 13 个住院病区作为试点。2014 年 12 月—2015 年 3 月为干预前, 了解医疗废物管理现状的基线数据, 2015 年 4—7 月为干预后, 利用精益六西格玛法规范医疗废物的分类、处置流程, 并对改进效果进行评价。结果 医疗废物处理费用影响因素分析结果表明, 共有 7 项影响因素且呈 4 级递进结构, 管理部门间职责不明确为根源层, 从而导致医疗废物分类标准不统一, 最终影响医疗废物处理的费用。试点病区和手术室的医疗废物分类合格率分别由干预前的 69.22%、71.88% 上升至干预后的 80.42%、81.00%, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.01$); 医疗废物重量试点病区由 (1.11 ± 0.14) kg/床日下降至 (0.91 ± 0.18) kg/床日, 手术室由 (10.77 ± 0.33) kg/床日下降至 (7.26 ± 1.04) kg/床日, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。效益成本比为 6.09, 即医院投入 1 元可以节省 6.09 元。结论 通过精益六西格玛管理方法, 可以有效降低每床日医疗废物重量和花费, 具有一定的卫生经济学价值。

[关键词] 精益六西格玛; 医疗废物; 管理; 解释结构模型

[中图分类号] R124.3 R192 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-9638(2016)04-0241-05

Application of Lean Six Sigma in medical waste management

LIU Ju-yuan, WANG Zhuo-fei, YIN Jing-lin, ZHAO Dong-sheng, LI Yan-ming, MENG Ling-yun, LI Na, WANG Zhong, CAI Meng (Beijing Hospital, Beijing 100730, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the effect of Lean Six Sigma (LSS) on intervening in medical waste management in a hospital, and evaluate the intervention effect. **Methods** Medical waste disposal in inpatient departments and operating rooms in a tertiary first-class hospital were investigated, 13 inpatient departments were randomly chosen for study. December 2014-March 2015 was pre-intervention stage, baseline data of medical waste management were surveyed, April-July 2015 was post-intervention stage, LSS DMAIC (define, measure, analyze, improve, control) process was used to standardize process of the classification and disposal of medical waste, management effect was evaluated. **Results** Analysis on factors influencing the cost of medical waste disposal revealed that there were 7 influencing factors, and that presenting 4 progressive structures, undefined responsibility of administration department was the root cause, which led to the different standards for medical waste classification, and eventually influenced the cost of medical waste disposal. The qualified rates of medical waste classification in inpatient departments and operating rooms increased from 69.22% and 71.88% before intervention to 80.42% and 81.00% after intervention respectively, difference were both significant (both $P < 0.01$); medical waste weight in inpatient departments decreased from (1.11 ± 0.14) kg/bed-day to (0.91 ± 0.18) kg/bed-day, and that in operating room decreased from (10.77 ± 0.33) kg/bed-day to (7.26 ± 1.04) kg/bed-day (both $P < 0.05$). The benefit-cost ratio was 6.09, that is, 1-yuan investment could save 6.09 yuan. **Conclusion** LSS management method can effectively reduce medical waste weight and cost of every hospitalization day, and it has certain health economic value.

[Key words] Lean Six Sigma; medical waste; management; interpretive structural modeling

[Chin J Infect Control, 2016, 15(4): 241-245]

[收稿日期] 2015-07-03

[基金项目] 卫生部北京医院科研基金项目(Bj-2015-118)

[作者简介] 刘聚源(1985-), 女(汉族), 北京市人, 助理研究员, 主要从事医院感染管理研究。

[通信作者] 蔡虹 E-mail: caimeng1125@sina.com

我国医疗机构产生的医疗废物数量较大,根据环境保护部的数据,2010 年平均每日产生量约为 1 900 吨,且逐年增加。医疗废物具有极强的传染性、生物毒性和腐蚀性,排放管理不严或管理不当会对人体、环境以及社会造成直接的危害。国际社会高度关注医疗废物的管理,世界贸易组织(WTO)早在 1980 年就发出了对医疗废物进行管理的倡议,美国在 1988 年通过了《医疗废物管理法案》,世界卫生组织(WHO)在 2014 年报告^[1]中指出,减少医疗废物产生是医疗废物处理管理原则的目的,科学化的管理是医疗废物管理的核心,人类的健康和无污染的环境是管理的最高境界。某三级甲等医院 2014 年医疗废物处理费用 100 余万,增加了医院的支出,影响了医院的整体收益。国内外鲜有研究采用精益六西格玛的管理方法对医疗废物管理进行干预,因此,本研究采用此方法,以期降低医疗废物处理费用,同时减少因医疗废物处理产生的污染和危害。

1 资料与方法

1.1 研究资料 调查某三级甲等医院住院病区和手术室的医疗废物处理情况,并随机抽取 13 个住院病区作为试点。2014 年 12 月—2015 年 3 月为干预前,了解医疗废物管理现状的基线数据,2015 年 4—7 月为干预后,利用精益六西格玛法规范医疗废物的分类、处置的流程,并对改进效果进行评价。

1.2 调查内容 包括后勤部门每日对医疗废物称重的资料、临床医务人员现场访谈资料、医院相关部门的管理制度和督导记录。

1.3 管理学研究方法 根据精益六西格玛 DMA-IC 的流程^[2-3],即定义(define)、测量(measure)、分析(analyze)、改进(improve)和控制(control),并在实施过程中加入了精益的哲理、方法和工具,以 13 个住院病区为试点,通过项目管理的方式,规范医疗废物的管理,具体过程如下。

1.3.1 定义阶段(项目准备) 首先,明确项目的目的为规范医疗废物管理,降低医疗废物处理费用。其次,成立六西格玛领导小组,明确各部门项目职责,医院感染管理部门为项目黑带成员,负责全面培训和全程质量控制;后勤管理处、后勤服务中心为项目绿带成员,负责项目实施过程的督导检查;试点科室的医务人员、处置医疗废物的工勤人员为项目的

过程所有者,负责执行医疗废物分类、称重工作。

1.3.2 测量与分析阶段 以“降低医疗废物处理费用”为核心目标,采用多种方法进行数据的收集和测量。(1)利用头脑风暴法对不同职业类别工作人员(医生、护士、技术员、工勤和管理)进行现场访谈,绘制鱼骨图,列出“医疗废物处理费用”可能的影响因素;(2)利用解释结构模型法(ISM)^[4],测量影响因素间的层级关系,并找到主要的影响因素;(3)测量过程指标(各病区医疗废物分类合格率)、结局指标(医疗废物处理费用)干预前后的变化,以评价干预的效果。

1.3.3 改进阶段 根据主要的影响因素——医疗废物分类不规范,采取多种措施进行干预。(1)培训,在全院培训的基础上,对 13 个试点病区开展有针对性的重点培训。(2)流程再造,在原有的医疗废物回收、处理的流程中,添加称重的环节。每日医疗废物回收人员在病区交接医疗废物时,用电子称对医疗废物进行称重,并记录,双方签字。(3)质量控制,项目领导小组(黑带、绿带成员)每日对试点病区的医疗废物分类情况进行督导检查,并对称重数据进行核查。

1.3.4 控制阶段 在落实上述干预措施后,对干预效果进行评价,并将结果反馈至病区负责人。主要评价指标:干预前后医疗废物重量(kg/床日)、医疗废物处理费用(元/床日)、医疗废物分类合格率(%)。此外,对增加/降低的金额进行成本效益分析。

1.4 评价指标 医疗废物分类合格率 = 抽查合格次数/抽查总次数 × 100%,并根据卫生部发布的《医疗废物分类目录》^[5]判定分类是否合格。医疗废物重量 = 医疗废物总重量(kg)/住院床日总数;医疗废物处理费用 = 医疗废物重量(kg/床日) × 2.87 元/kg(处理费用单价);医疗废物处理费用成本效益比(BCR) = 效益金额(B)/成本金额(C),效益金额为因规范医疗废物管理节省的费用,成本金额为因规范医疗废物管理必须的支出^[6]。

1.5 统计学分析 应用 EPIDATA 3.02 建立数据库,录入数据并核对。应用 SPSS 21.0 对数据进行统计分析,计数资料:计算中位数、率、构成比,采用 χ^2 检验、*t* 检验进行统计推断。 $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。根据解释结构模型法的原理,运用 MATLAB 软件对“医疗废物处理费用”影响因素进行矩阵的推导,绘制解释结构模型图,找出主要的影响因素。

2 结果

2.1 医疗废物处理费用影响因素分析

运用解释结构模型(interpretive structural modeling, ISM)的方法,实施 ISM 的小组成员根据鱼骨图的分析,列出医疗废物处理费用的影响因素(表 1)。ISM 小组对因素间的逻辑关系进行判断和设定,建立邻接矩阵(图 1)。利用 MATLAB 软件对矩阵进行运算,求出可达矩阵 M。根据解释结构模型的原理,绘制因素有向图,建立解释结构模型(图 2)。由医疗废物处理费用影响因素的解释结构模型可知,7 项影响因素呈 4 级递进结构,管理部门间职责不明确为第 4 层,即根源层,从而导致医疗废物分类标准不统一(第 1 层,表象层),最终影响医疗废物处理的费用。

2.2 医疗废物分类合格率

干预前后,全部住院病区医疗废物分类合格率比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),试点病区的医疗废物分类合格率由 69.22% 上升至 80.42%,手术室由 71.88% 上升至 81.00%,试点病区和手术室干预前后医疗废物分类合格率比较,差异均有统计学意义(均 $P < 0.01$)。见表 2。

表 1 医疗废物处理费用的影响因素

Table 1 Influencing factors of medical waste disposal cost

序号	影响因素	Si
1	医疗废物分类标准不统一	S1
2	医疗废物管理部门间责任不明确	S2
3	标准规范可操作性差	S3
4	分类标识不清晰	S4
5	将生活垃圾分到医疗垃圾	S5
6	管理部门监管不足	S6
7	未开展相关培训	S7

$$M = \begin{bmatrix} & S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 & S_7 \\ S_1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ S_2 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ S_3 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ S_4 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ S_5 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ S_6 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ S_7 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

两两间有直接关系则记为“1”,反之则为“0”

图 1 医疗废物处理费用影响因素的可达矩阵

Figure 1 Reachable matrix of influencing factors of medical waste disposal cost

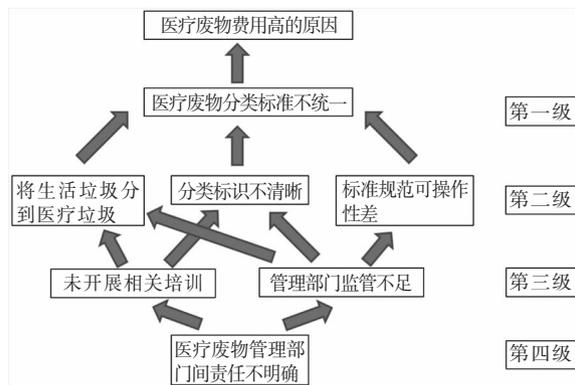


图 2 医疗废物处理费用影响因素的解释结构模型

Figure 2 Interpretative structural modeling of influencing factors of medical waste disposal cost

表 2 干预前后不同区域医疗废物分类合格率比较(%)

Table 2 Comparison in qualified rates of medical waste classification in different sections before and after intervention(%)

不同区域	干预前	干预后	χ^2	P
全部住院病区	70.61(4 180/5 920)	71.59(4 238/5 920)	1.38	0.24
试点病区	69.22(1 329/1 920)	80.42(1 544/1 920)	63.89	<0.01
手术室	71.88(575/800)	81.00(648/800)	18.49	<0.01

注:住院病区每周抽查 10 次,全院共有 37 个病区,试点病区为 13 个,手术室每周抽查 50 次

2.3 医疗废物重量

全部住院病区医疗废物重量干预前后比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),试点病区由(1.11 ± 0.14)kg/床日下降至(0.91 ± 0.18)kg/床日,手术室由(10.77 ± 0.33)kg/床日下降至(7.26 ± 1.04)kg/床日,试点病区和手术室干预前后医疗废物重量比较,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表 3。

表 3 干预前后不同区域每床日医疗废物重量比较(kg/床日)

Table 3 Comparison in weight of medical waste in different sections per bed-day before and after intervention (kg/bed-day)

不同区域	干预前	干预后	t	P
全部住院病区	1.15 ± 0.12	1.03 ± 0.12	1.48	0.19
试点病区	1.11 ± 0.14	0.91 ± 0.18	2.31	0.04
手术室	10.77 ± 0.33	7.26 ± 1.04	3.59	0.01

2.4 成本效益分析

2.4.1 成本

本项目投入的成本包括人力成本和购买物品的费用,其中人力成本为因医疗废物称重增加的工勤人员,按照 3 000 元/月工资计算,医院 1 年需要支出 36 000 元。物品费用包括称重电子称

200 元(100 元/件×2)和医疗废物分类需增加的垃圾桶费用 18 500 元(500 元/病区/年×37 个病区)。上述成本支出共计 54 700 元。

2.4.2 效益 通过干预,13 个试点病区每床日减少医疗废物重量 0.20 kg,处理费用单价为 2.87 元/kg,从而节省的费用为 0.57 元/床日,按照 2014 年全院 358 863 住院床日估算,全年住院病区可节省金额 204 551.91 元。手术室每台手术减少医疗废物重量 3.51 kg,节省的费用为 10.07 元/台,按照 2014 年全院手术量 12 791 台估算,全年手术室可节省金额 128 805.37 元。

2.4.3 成本效益分析 效益成本比(BCR) = 效益金额/成本金额 = (204 551.91 + 128 805.37)/54 700 = 6.09,即针对于本项目,医院投入 1 元可以节省 6.09 元的费用。

3 讨论

本研究结果显示,通过精益六西格玛管理方法的干预,提高了医疗废物分类合格率,降低了每床日医疗废物的重量和金额。此外,规范医疗废物管理为医院节省了花费,具有一定的成本效益。

近年来 WHO 等组织机构已普遍认可、推荐的医疗废物管理原则是“医疗废物管理层级”(waste management hierarchy)^[1,7],最高级别的管理方法是减少医疗废物的产生。在这个层面上,首先要规范医疗废物的分类,即减少生活垃圾错分到医疗废物中;其次,在规范分类基础上可以通过尽量重复使用、推行回收利用,进一步降低医疗废物的产生。本研究通过规范分类,在科室内称重的方式,降低了医疗废物的重量^[8]。国内外类似的研究鲜有报道, Mosquera 等^[9]通过对医务人员培训医疗废物分类等知识和实践,每月医疗废物从 11 631.08 kg 降低至 5 945.64 kg,但未考虑床日数对医疗废物产生重量可能造成的影响。霍桑效应^[10],是观察类或调查类研究中很难避免的混杂因素,由此造成的信息偏倚,易夸大/缩小干预措施对结局的影响。例如在医院感染控制领域中,手卫生依从性的真实性往往受到霍桑效应的影响。本研究“在科室内称重”的方式正是利用了“霍桑效应”对医务人员行为的影响,从而对规范医务人员正确分拣医疗废物具有促进作用。

精益六西格玛法是精益生产与六西格玛管理的结合,其本质是消除浪费。通常用于工业生产领域,尤其对解决和处理涉及多部门协作的问题具有较大

的优势。在分析项目目标影响因素的基础上,通过再造或改进流程,对目标进行质量提升和质量控制。医疗废物管理涉及医院运行、医院感染、后勤管理等多个部门,因此,精益六西格玛法适用于医疗废物的规范管理。本研究结果显示每床日医疗废物的降低,很好地证明了此方法的有效性。国内外一些学者运用精益六西格玛法用以改善医疗质量的指标,如缩短平均住院日^[11],降低多重耐药菌感染^[12]等。通过运用精益六西格玛法规范医疗废物管理的研究鲜有报道, Stonemetz 等^[13]通过精益六西格玛法规范了手术室医疗废物的管理,降低了医疗废物产生量。解释结构模型是系统工程领域中分析影响因素的常用方法,此方法的特点是把复杂的系统分解为若干子系统(要素),适用于关系复杂且结构不清晰的系统分析,可用于方案的排序^[4]。本研究通过解释结构模型的方法将医疗废物费用的影响因素结构化,理清了因素间的层次关系,从而确定了干预的方向和内容,为开展有效的干预提供了依据。在医疗质量管理方面,一些学者运用解释结构模型分析影响因素,但在医院感染控制、医疗废物管理领域鲜有报道。

研究方法方面,本研究通过运用精益六西格玛的管理学方法,规范了医疗废物的管理,同时将解释结构模型嵌入精益六西格玛法的运用过程,系统性、结构化分析了影响医疗废物处理费用的因素,在医疗废物管理领域,国内外鲜有相关研究。评价指标方面,本研究标化了住院床日的影响,较客观地评价了干预前后医疗废物重量的变化;此外,通过计算效益成本比,以卫生经济学的视角综合评价了本研究的效果和意义。

本研究也存在一定的局限性,研究时间范围较短,未在全院住院病区开展项目,因此需要进一步扩大试点病区,观察、评价研究的效果。本研究仅开展了“规范医疗废物分类”一项干预活动,在今后的研究,可以开展其他干预活动的研究,如增加废物的回收利用。

[参 考 文 献]

- [1] Chartier Y, Emmanuel J, Pieper U, et al. Safe management of wastes from health-care activities - second edition (WHO, 2014) [EB/OL]. (2015-06)[2016-01]. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/85349/1/9789241548564_eng.pdf?ua=1.
- [2] 潘迪, 纽曼, 卡瓦纳. 六西格玛管理法 世界顶级企业追求卓越之道[M]. 马钦海, 陈桂云, 译. 北京:机械工业出版社, 2011:

23-28.

- [3] 乔治, 罗兰兹, 卡斯特勒. 什么是精益六西格玛(修订本)[M]. 郭锐, 赵海峰, 译. 北京: 电子工业出版社, 2013:45-49.
- [4] 殷克东. 经济管理系统分析技术方法论[M]. 北京: 经济科学出版社, 2009:101-105.
- [5] 中华人民共和国卫生部. 关于印发《医疗废物分类目录》的通知(卫医发[2003]287号)[S]. 北京, 2003:10.
- [6] 富兰德, 古德曼, 斯坦诺. 卫生经济学[M]. 5版. 海闻, 王健, 于保荣, 译. 北京: 中国人民大学出版社, 2010:56-65.
- [7] 陈扬, 吴安华, 冯钦忠, 等. 医疗废物处理处置技术与源头分类对策[J]. 中国感染控制杂志, 2012, 11(6):401-404.
- [8] 王子佳, 陈娟, 单淑娟. 我国部分地区医院内医疗废物管理现状[J]. 中国感染控制杂志, 2011, 10(4):272-275.
- [9] Mosquera M, Andrés-Prado MJ, Rodríguez-Caravaca G, et al. Evaluation of an education and training intervention to re-

duce health care waste in a tertiary hospital in Spain[J]. Am J Infect Control, 2014, 42(8):894-897.

- [10] 詹思延. 流行病学[M]. 7版. 北京: 人民卫生出版社, 2012: 210-241.
- [11] 郭怡, 李文源, 王平华, 等. 精益管理在医院供应流程改善中的应用[J]. 中华医院管理杂志, 2009, 25(2):85-87.
- [12] 徐润琳, 罗万军, 王文娟, 等. 应用六西格玛管理方法控制多药耐药菌医院感染[J]. 中华医院感染学杂志, 2014, 24(2): 495-497.
- [13] Stonemetz J, Pham JC, Necochea AJ, et al. Reduction of regulated medical waste using lean sigma results in financial gains for hospital[J]. Anesthesiol Clin, 2011, 29(1):145-152.

(本文编辑:陈玉华)

(上接第 240 页)

使用抗菌药物, 加强多重耐药菌的管理依然是今后医院感染持续改进的方向。

[参 考 文 献]

- [1] 赵丹洋, 郭巧芝, 司徒敏雄, 等. 2012 年某妇女儿童医院医院感染现患率调查[J]. 中华医院感染学杂志, 2014, 24(7): 1753-1755.
- [2] 吴安华, 文细毛, 李春辉, 等. 2012 年全国医院感染现患率与横断面抗菌药物使用率调查报告[J]. 中国感染控制杂志, 2014, 13(1):8-15.
- [3] 刘凤英, 于磊, 秦小平. 儿童医院 3 年医院感染现患率调查分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2014, 24(1):203-205.
- [4] 李旭清, 张静, 袁志军. 四川省妇幼保健院医院感染现患率调查分析[J]. 华西医学, 2012, 27(9):1299-1301.
- [5] Branger B. 2001 national survey of nosocomial infection prevalence among newborns and under-eighteen children and adolescents in France[J]. Arch Pediatr, 2005, 12(7):1085-1093.

- [6] Garcia-Cenoz M, Chamorro J, Vidán J, et al. Prevalence of nosocomial infection in Navarre. Aggregated data of the EPINE study for 2005[J]. An Sist Sanit Navar, 2007, 30(1): 89-99.
- [7] Jroundi I, Khoudri I, Azzouzi A, et al. Prevalence of hospital-acquired infection in a Moroccan university hospital[J]. Am J Infect Control, 2007, 35(6):412-416.
- [8] 李涵, 王群英, 祝洪珍, 等. 2 511 例住院患者医院感染现患率调查与分析[J]. 中国感染控制杂志, 2014, 13(8):495-496.
- [9] 周燕飞, 王杨, 丘嵘. 2011—2012 年医院感染现患率调查分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2014, 24(12):2946-2948.
- [10] 刘玉岭, 史广鸿, 田真, 等. 2009—2012 年医院感染现患率调查分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2014, 24(3):620-622.
- [11] 孙立新, 刘兰平. 儿童医院医院感染现患率调查分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2010, 20(22):3476-3477.

(本文编辑:张莹)