

# 基于反馈闭环控制理论的 临床路径PDCA持续改进体系研究

叶荔珊<sup>①</sup> 李湧<sup>②</sup> 庄伟芬<sup>③</sup> 严武<sup>②</sup> 李宏伟<sup>②</sup> 徐航<sup>②</sup>

**摘要** 运用控制论方法,将控制理论领域反馈的闭环控制法、管理学的PDCA循环等方法运用于信息系统的整合建设,建立电子病历—电子医嘱—临床路径—医院管理信息系统的“全闭环”临床路径执行和反馈体系,建立了疾病诊疗规范制定、临床操作服务、过程质量监管三位一体的医疗服务安全质量监测与持续改进闭环体系,临床路径信息管理平台对加强医疗服务安全动态监管,促进科学化、精细化、专业化管理,改善服务水平,提高效率具有不可或缺的重要作用。

**关键词** 临床路径 控制论 闭环 反馈 PDCA 神经网络

**Doi:**10.3969/j.issn.1673-7571.2017.05.007

**[中图分类号]** R319 **[文献标识码]** A

Research on the Clinical Pathway PDCA Continuous Improvement System Based on the Theory of Feedback Closed-loop Control System / YE Li-shan, LI Yong, ZHUANG Wei-fen, et al//China Digital Medicine.-2017 12(5): 20 to 23

**Abstract** With the method of control theory, the feedback closed loop control method in the field of control theory, PDCA circulation of management and other methods are applied to the integrative construction of information system. The "closed loop" clinical pathway implementation and feedback system of electronic medical records—electronic medical advice—clinical pathway—hospital management information system is established. The medical service safety quality monitoring and continuous improvement closed-loop system integrating disease diagnosis and treatment specification formulation, clinical operation service and process quality supervision is set up. The clinical path information management platform has an indispensable important role on strengthening the dynamic supervision of medical service security, promoting scientific, refined and professional management, and improving the service level and efficiency.

**Keywords** clinical pathway, control theory, closed-loop, feedback, PDCA, neural network

**Fund project** General Program of National Natural Science Foundation—Research on Decision-making Optimization of Use and Management of Antibacterial Drugs Driven by Big Data (No. 71672160)

**Corresponding author** Director of Information Center, Zhongshan Hospital Affiliated to Xiamen University, Xiamen 361004, Fujian Province, P.R.C.

## 1 研究背景

随着我国医药卫生体制改革的推进和医疗保险制度的完善,临床路径受到普遍关注,在国家卫计委政策的指引下,国内大部分医院都陆续进行了临床路径工作的实践和探索研究。但临床路径的研究现状仍存在以下几个问题:医院对临床路径本身实施的目的和意义存在一定误区,临床路径研究领域和深度不够,无法形成完善的体系加以持续改进;多数医院仅仅将实施临床路径的病种简化为某个医嘱套餐使用,忽视了过程的动态监管和后期的分析;临床路径信息化系统与其他医院信息系统相孤立,开展临床路径工作的相关信息难以得到有效利用,从而进行相应监管<sup>[1]</sup>。



**基金项目:** 国家自然科学基金面上项目—大数据驱动的抗菌药物使用与管理决策优化研究(编号:71672160)

①厦门大学附属中山医院信息中心主任,361004,福建省厦门市湖滨南路205号

②厦门大学附属中山医院,361004,福建省厦门市湖滨南路205号

③厦门大学管理学院,361005,福建省厦门市思明区思明南路422号

## 2 研究内容与目标

运用控制论方法，将控制理论领域的反馈闭环控制、管理学的PDCA循环管理等方法运用于信息系统的整合建设，建立疾病诊疗规范制定、临床操作服务、过程质量监管三位一体的“全闭环”复合控制系统的路径优化体系模型，并通过全程质量管理的PDCA循环对路径系统进行循序渐进的改进。

## 3 主要研究方法

**3.1 PDCA管理循环方法** PDCA循环又叫质量环，是管理学中的一个通用模型，最早由休哈特于1930年构想，后来被美国质量管理专家戴明博士在1950年再度挖掘出来，并加以广泛宣传和运用于持续改善产品质量的过程<sup>[2]</sup>。PDCA是英语单词Plan（计划）、Do（执行）、Check（检查）和Action（纠正）的第一个字母，利用PDCA循环方法结合临床路径的管理，能在路径执行的质量、效能工作中建立长效的管理机制，有效提高医疗质量，对路径管理的可持续发展具有重要的意义。

**3.2 控制理论方法** 控制论是美国科学家维纳1948年创立的。闭环反馈控制系统通过反馈回路使系统构成闭环并按偏差的性质产生控制作用，以求减少或者消除偏差的控制系统。

工业控制系统的物理信号与社会信号处理与分析的主要区别在于：前者以微分差分方程和各种数字变换等为工具，主要涉及数学、数字分析；后者以数据挖掘机器学习和各类统计方法为主要手段<sup>[3]</sup>。与人参与的系统都具有社会性，临床路径是医护人员的临床实践的智慧结晶，因而基于循证医学的临床路径系统的反馈信息处理

可以采纳社会信息的数据挖掘机器学习以及各类统计方法来实现。

## 4 基于反馈闭环控制的临床路径信息系统PDCA持续改进体系的构建

利用系统控制理论的方法指导临床路径信息平台的体系建设，将职能管理者的初始目标、过程监控中的指标分析建设成反馈环节，反馈环节又反过来作用于实际运行的系统，通过反馈的偏差来改善系统内部的各要素，形成闭环反馈的架构，从而实现对临床路径执行情况、病历质量、医疗行为、医疗质量进行动态监管，并建立追踪、控制、反馈、决策、调整的持续改进机制，促进临床路径管理工作不断完善。

控制系统的输入端是临床路径的初期诊疗方案；系统的输出端是优化后持续改进的诊疗方案。诊疗方案里包括根据节点或者住院日而设计的诊疗工作、护理工作、医嘱工作、家属工作等的组合。闭环控制系统的核心是信息反馈，只有通过反馈，才能对控制系统起到制约的作用，以达到预定的目的。为了实现对系统的动态、反馈、闭环式的有效管理，在临床路径系统的架构中，一方面的反馈信息是通过职能科室在阶段性制定的路径相关指标阈值（如质量指标、经济指标、效率指标等），让医生护士在路径方案的执行中实时预警并提供参考；另一方面的反馈信息来

源于通过四个步骤的PDCA持续改进环节对路径版本迭代过程进行的动态化的回顾和分析。系统通过执行路径与非执行路径的相关指标的对比等多个步骤供医护人员在诊疗方案的版本迭代中进行回顾、分析、优化，方便快捷地生成最优方案的新版本路径。同时，历史版本的迭代数据又成为进入路径的新病人各项指标的参考依据（如好转率、人均费用、效率指标等）、同一路径不同版本为新的阶段职能科室的制定的指标阈值的参考依据。

反馈控制的临床路径PDCA持续改进系统架构图如图1所示，临床路径持续改进系统业务流程图如图2所示。

在反馈控制的临床路径PDCA持续改进系统架构图中，临床路径诊断初期方案集为输入端 $R(S)$ ，包含依据节点设置的每阶段的治疗方案。输出函数为临床路径优化方案 $Y(S)$ ；输入与输出的关系为： $Y(S)=G(S)R(S)$ ， $G(S)$ 为控制系统的传递函数。 $E_1(S)$ 和 $E_2(S)$ 为控制偏差。其前馈控制为临床路径初始指标阈值 $N(S)$ ；反馈控制环节为临床路径反馈控制环节 $H(S)$ 。路径优化方案 $Y(S)$ 由两部分组成：一部分是前馈控制环节临床路径初始指标阈值、控制对象 $G_2(S)$ 产生的输出；另一部分是经控制器 $G_1(S)$ ，控制对象 $G_2(S)$ ，路

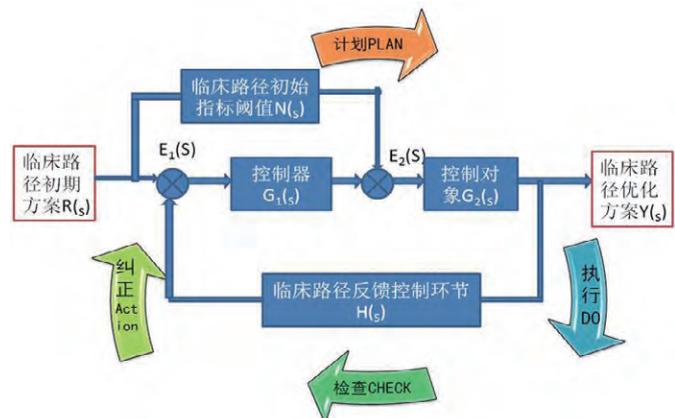


图1 反馈控制的临床路径PDCA持续改进系统架构图

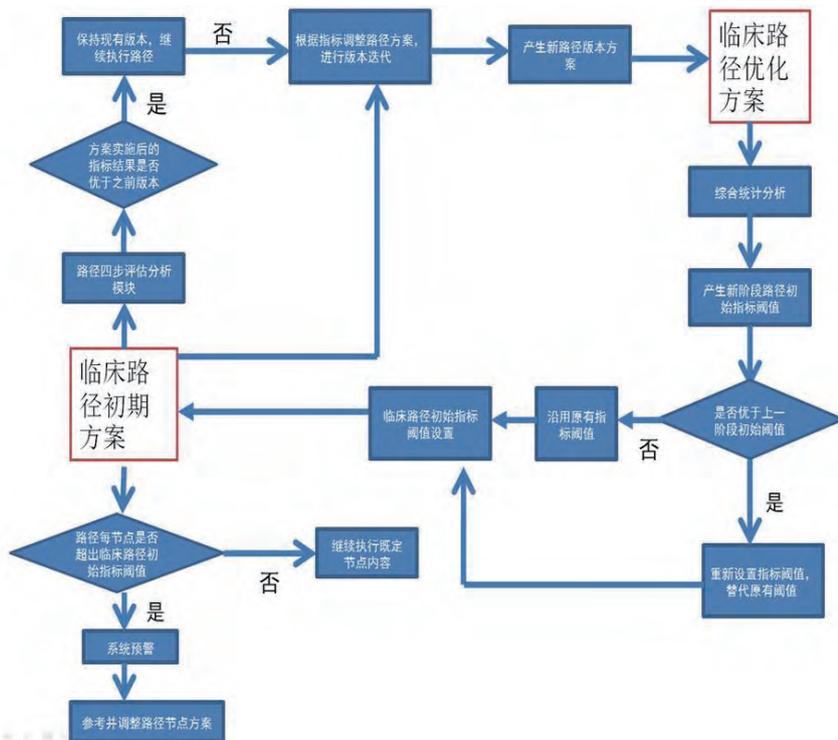


图2 临床路径持续改进系统业务流程图

径反馈控制H(S)组成的闭环输出。

在中间比较环节：①第一个偏差点为路径反馈控制环节与路径初始指标阈值进行比较所获得偏差，偏差公式为： $E_1(S) = R(S) - Y(S)H(S)$ ；②第二个偏差点为路径初始指标阈值的前馈校正与控制器 $G_1(S)$ 进行比较后的偏差，偏差公式为： $E_2(S) = N(S) + G_1(S)$ 。

#### 4.1 前馈控制环节 在临床路径PDCA

持续改进体系架构中，系统的前馈控制就是临床路径初始指标阈值函数 $N(S)$ ，它由医院职能管理部门根据临床路径的要求，主要从医疗质量指标、工作效率指标、经济学指标三个子环节组成。各类子环节具体指标值见图3，初始指标阈值让路径方案初期有了基本的目标值。

在初始指标阈值的工作目标制定中，我们使用了回归分析、神经网络

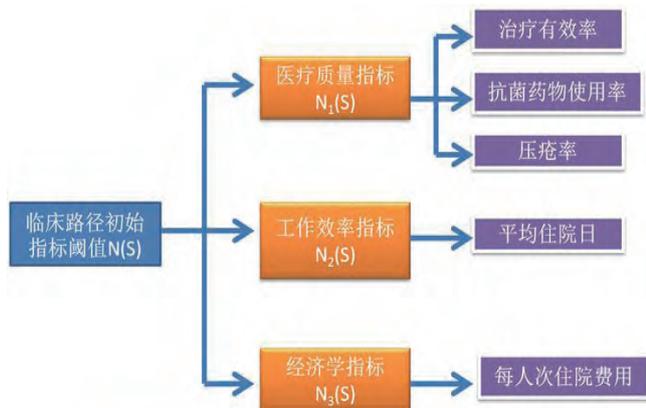


图3 临床路径初始指标阈值结构图

等方法关于住院费用、住院天数、治疗效果的预测与分析进行预测。初始指标阈值对路径的初期制定进行一定的指导。其子环节和每个环节的变量如图3所示。

从图3可以看出，三个子环节为并联结构，所以前馈状态的模型为 $N(S) = K_1 * N_1(S) + K_2 * N_2(S) + K_3 * N_3(S)$ 。其中， $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ 分别代表每个环节的权值。

#### 4.2 反馈控制环节

在控制系统中，反馈控制是指将系统的输出信息返送到输入端，与输入信息进行比较，并利用二者的偏差进行控制的过程。在此，我们通过统计学的方法，通过实时的信息收集过程 $H_1(S)$ 、四个步骤评估分析 $H_2(S)$ 、改进反馈 $H_3(S)$ 等主要子环节。各子环节为串联关系，表示为： $H(S) = H_1(S) \cdot H_2(S) \cdot H_3(S)$ ，如图4所示。

路径的PDCA管理从四个步骤评估分析进行持续改进：①路径外与路径内患者治疗有效率、平均住院日、住院费用各项指标自动辅助对比；②通过路径方案不同版本间的各项指标辅助对比；③版本内医嘱有效率、引用率对比；④路径内各节点变异率对比（见图5）。

#### 4.3 控制器环节 控制器是在了解和掌

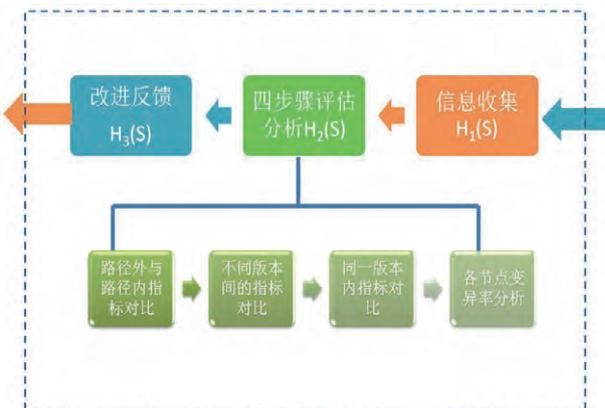


图4 临床路径反馈控制环节结构图



图5 路径四步骤分析过程界面

握监控要素状态的基础上,通过一定的调控方法,对系统偏差进行相应的控制,消除不合理因素<sup>[4]</sup>。在临床路径信息平台中,我们采用在系统中设置的评估分析模块,通过对四个环节的评估步骤分析,指导系统对医嘱明细、节点设置等进行调整,优化,重组,最后输出新版本的路径。

**4.4 控制对象环节** 控制对象环节是指控制系统中需要进行控制的系统。我们在临床路径平台里设置了多个预警控制机制,结合临床路径初始指标阈值如病种平均费用、平均住院天数指

标等,使用红黄色警示灯,在路径执行过程中进行全程监控管理。

## 5 效果评价

通过基于闭环控制的临床路径信息系统PDCA持续改进体系的搭建,引入反馈机制来辅助管理者、医护人员建立有据可依的指标体系来引导治疗方案的优化,通过信息化手段实现了路径执行过程中的督导和后期的分析,从而形成完善的体系对路径方案进行持续的改进。大大提高了行政监管水平,提高费用、预后的可评估

性。同时形成临床规范知识库,为基层医院人员提供教育学习机会。

提高医疗质量,使路径的方案在医疗质量指标持续提升的同时,保障了医疗安全,降低费用,提高效率,控制合理用药,降低社会的医疗成本,取得良好的社会效益。自实施以来,各类指标均有提升。该项目获2016年厦门市科技进步二等奖。

## 参考文献

- [1] 刘永斌,谭中生,范理宏.基于临床路径的"3+3"信息系统初探[J].中国医院管理,2011,31(7):44-46.
- [2] 马仁杰,王荣科,左雪梅.管理学原理[M].北京:人民邮电出版社,2013.
- [3] 王飞跃.社会信号处理与分析的基本框架:从社会传感网络到计算辩证解析方法[J].中国科学:信息科学,2013,43(12):1598-1611.
- [4] 肖萍萍,刘露,王玉兰.基于控制理论的科研质量监控体系研究[J].科技管理研究,2013,13(2):49-52.

【收稿日期:2017-03-07】

(责任编辑:刘华)

## 业界观察

### 七部门下发通知:今年公立医院医疗费涨幅不超10%

5月2日,据财政部网站消息,卫计委、财政部等七部门近日下发关于全面推开公立医院综合改革工作的通知。通知指出,全面推开公立医院综合改革,全部取消药品加成。通知要求,2017年全国公立医院医疗费用平均增长幅度控制在10%以下。

通知要求,2017年全国公立医院医疗费用平均增长幅度控制在10%以下。各省(区、市)及兵团要设定2017年度医疗费用增长控制目标。国家将对各省(区、市)及兵团公立医院医疗费用增长情况进行排名和通报。

通知明确,全面推开城市公立医院综合改革。7月31日前,所有地市出台城市公立医院综合改革实施方案;9月30日前,全面推开公立医院综合改革,所有公立医院全部取消药品加成(中药饮片除外)。

通知要求,拓展深化县级公立医院综合改革。到2017年底,全面实行以按病种付费为主,按人头付费、按床日付费等复合型付费方式,探索符合中医药特点的支付方式,鼓励中医药服务提供和使用;县级公立医院门诊、住院患者人均费用和总收入增幅下降,医疗服务收入(不含药品、耗材、检查、化验收入)占业务收入比重提升,自付医疗费用占总医疗费用比例下降。

(来源:中新网)