

# DRG背景下医生高编码行为的演化博弈分析\*

牛浩然<sup>①</sup>, 张美成<sup>①</sup>, 姜峰<sup>①</sup>, 曹剑波<sup>①</sup>, 刘亚清<sup>①</sup>

**摘要** 目的: 为了预防低码高编码行为的出现, 探索医生编码过程及医保部门监管力度对患者效用的影响。方法: 建立医生及医保部门行为策略选择演化博弈模型, 利用 Matlab 仿真分析, 获得多种情形的博弈双方策略稳定点。结果: 高编码后医生相对正常诊断的收益、上级部门奖惩力度、监管成本均会影响博弈双方策略的选择。结论: 可通过降低相对收益、增强奖惩力度、引入科学的监督系统等措施促进博弈主体向“正常诊断, 严格监管”方向演变。

**关键词** DRG; 低码高编; 演化博弈

中图分类号 R1-9; F840.613 文献标志码 A 文章编号 1003-0743(2023)02-0037-05

Evolutionary Game Analysis of Doctor's Up-Coding Behavior under DRG Background/NIU Hao-ran, ZHANG Mei-cheng, JIANG Feng, et al./Chinese Health Economics, 2023,42(2):37-40, 52

**Abstract Objective:** To prevent the occurrence of up-coding behavior, it explored the doctors' coding process and the effects of medical insurance departments' supervision on patients. **Methods:** The evolutionary game model of doctors' and health insurance department's behavioral strategy choice was established and analyzed by Matlab simulation to obtain the strategy stability points of both sides of the game for various situations. **Results:** The benefits of doctors, rewards and punishments of superior departments, and the cost of supervision will affect the strategy. **Conclusion:** The evolution of gaming subjects to the direction of "normal diagnosis and strict supervision" could be promoted by reducing relative returns, enhancing incentives and penalties, and introducing scientific supervision systems.

**Keywords** DRG; up-coding behavior; Evolutionary game

**First-author's address** School of Medicine and Health Management, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430030, China

**Corresponding author** LIU Ya-qing, E-mail: anny375@hust.edu.cn

诊断相关分组 (Diagnose Related Groups, DRG) 是住院部门对病例的分类工具。DRG 自 1983 年以来一直被作为费用控制、提高医疗服务质量的方法, 并且越来越普遍。我国也分别于 2018 年底和 2020 年 10 月启动 DRG 和 DIP 试点工作, 然而在各国的 DRG 执行过程中出现了各种问题, 其中以低码高编为主的道德风险问题最为突出<sup>[1]</sup>。

美国在开始 DRG 付费后, 发现评级较高的动脉粥样硬化越来越多被诊断为心绞痛。德国卫生系统的住院部门发现, 引入 DRG 付费模式后, 住院费用不降反升, 追溯到各种原因, 高编码行为是重要因素<sup>[2]</sup>。更有学者认为高编码的溢出效应不仅影响医疗保险支付者, 也影响私人保险公司<sup>[3]</sup>。

虽然知道 DRG 的高编码行为影响广泛, 但对编码系统特征在诱导编码行为中的作用知之甚少<sup>[4]</sup>。通过对法国 1.45 亿次纵向就诊数据分析, Milcent<sup>[5]</sup>通过研究证明了实施更精细的医学诊疗分类, 毫无疑问会导致更严重的高编码行为的发生, 这将导致高编码行为影响

更为广泛。

我国的 DRG 支付改革正处于起步阶段, 对低码高编码行为认知不足、分级诊疗机制不健全、病案填写质量不高, 都可能导致低码高编行为发生<sup>[6]</sup>。本研究从演化博弈的角度出发, 探讨医生在 DRG 付费背景下高编码行为及医保部门的监管力度, 通过对博弈中参数的调整, 发现双方的行为倾向, 以增强对低码高编码行为的认识, 提出相关对策。

## 1 模型假设

在 DRG 付费政策的大力推行与各地区积极响应下, 全国多地区采用了 DRG 或 DIP 付费的模式, 然而在 DRG 编码中, 可能存在高编码行为 (即低码高编码行为, 下同) 风险。本研究围绕医生与医保部门, 探讨医生是否选择高编码行为和医保部门严格监管或宽松监管对双方决策选择的影响。

假设 1: 医生的策略空间  $\alpha=(\alpha_1, \alpha_2)$ ,  $\alpha$ =(高编码行为, 正常诊断), 并分别将  $x$  和  $(1-x)$  作为医生选择高编码行为和正常诊断的概率, 其中  $x \in [0, 1]$ ; 医保对高编码行为监管的策略空间为  $\beta=(\beta_1, \beta_2)$ , 将  $y$  和  $(1-y)$  作为医保部门进行严格监管和宽松监管的概率, 其中  $y \in [0, 1]$ 。假设 1 中共 4 个策略: 策略 1 “高编码, 严格监管”; 策略 2 “高编码, 宽松监管”; 策略 3 “正常诊断, 严格监管”; 策略 4 “正常诊断, 宽松监管”。

假设 2: 设疾病的种类为  $i$ , 则医疗服务收益为  $P_i$ 。

\* 基金项目: 教育部人文社会科学研究一般项目 (21YJA630062)

① 华中科技大学医药卫生管理学院 武汉 430030

作者简介: 牛浩然(2000—), 男, 硕士在读; 研究方向: 卫生政策、卫生经济; E-mail: hrnew@hust.edu.cn。

通信作者: 刘亚清, E-mail: anny375@hust.edu.cn。

当医生正常诊断时，未进行高编码行为，此时医疗服务收益为 $P_1$ ；当医生选择高编码行为后，会引起收益的提升，此时提升的大小为 $\Delta P_2$ 。

假设3：当医保部门严格监管时，如果医生被发现高编码行为则会被处以罚款 $F$ ，所带来的民众满意和上级奖赏为 $R_g$ ；当医保宽松监管时，如若医生选择高编码行为，则可能带来民众不满和上级政府惩罚，此时，不监管造成的损失为 $F_g$ 。设医保部门严格监管的成本为 $T$ 。

假设4：患者治疗后康复获得的效用为 $v_i$ ，若医生未采取高编码行为正常诊疗带来的效用为 $v_1$ ，当医生选择高编码行为可能导致过度诊疗给患者带来的效用为 $v_2$ 。

## 2 模型分析

### 2.1 医生的策略稳定性分析

医生选择高编码行为或正常诊断的期望收益以及平均期望收益( $E_{11}$ ,  $E_{12}$ ,  $\bar{E}_1$ )分别为： $E_{11}=y \cdot (P_1 - C_H + \Delta P_2 - F) + (1-y) \cdot (P_1 - C_H + \Delta P_2)$ ， $E_{12}=y \cdot (P_1 - C_L) + (1-y) \cdot (P_1 - C_L) = P_1 - C_L$ ， $\bar{E}_1 = x \cdot E_{11} + (1-x) \cdot E_{12}$ 。所以，医生选择高编码行为的复制动态方程为： $F(x) = \frac{dx}{dt} = x \cdot (E_{11} - \bar{E}_1) = x \cdot (1-x) \cdot (E_{11} - E_{12}) = x \cdot (1-x) \cdot (P_1 - C_L + \Delta P - y \cdot F)$ 。 $x$ 的一阶导数为： $\frac{dF(x)}{dx} = (1-2x) \cdot (P_1 - C_L + \Delta P - y \cdot F)$ 。根据微分方程稳定性定理，主体若稳定选择某行为，则 $F(x) = 0$ 且 $\frac{dF(x)}{dx} < 0$ 。

### 2.2 医保部门的策略稳定性分析

医保部门分别对高编码行为进行严格监管或者宽松监管的期望收益和两种策略平均期望收益( $E_{21}$ ,  $E_{22}$ ,  $\bar{E}_2$ )分别为： $E_{21}=x \cdot (v_2 + R_g - T) + (1-x) \cdot (v_1 + R_g - T)$ ， $E_{22}=x \cdot (v_2 - F_g) + (1-x) \cdot v_1$ ， $\bar{E}_2 = y \cdot E_{21} + (1-y) \cdot E_{22}$ 。

同理，医保部门选择严格监管的复制动态方程为： $F(y) = y \cdot (1-y) \cdot (x \cdot F_g + R_g - T)$ ， $y$ 的一阶导数为： $\frac{dF(y)}{dy} = (2y-1) \cdot (x \cdot F_g + R_g - T)$ 。

联立方程式： $F(x) = 0$ 和 $F(y) = 0$ 可得到4个演化博弈均衡点分别为(0, 0)，(0, 1)，(1, 0)，(1, 1)，及1个混合策略均衡点( $X$ ,  $Y$ )，此时的雅可比(Jacobi)矩阵为：

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial F(x)}{\partial x} & \frac{\partial F(x)}{\partial y} \\ \frac{\partial F(y)}{\partial x} & \frac{\partial F(y)}{\partial y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1-2x) \cdot (\Delta P - y \cdot F) - (1-x) \cdot x \cdot F \\ y \cdot (1-y) \cdot F_g & (2y-1) \cdot (x \cdot F_g - T) \end{bmatrix}$$

### 2.3 模型稳定性分析

演化博弈理论中提到，雅可比的矩阵行列式 $\text{Det}(J)$ 大于0，迹 $\text{Tr}(J)$ 小于0时，演化均衡点处于稳定状态(ESS)，故本研究根据 $x$ ,  $y$ 的取值范围及

前文提及的假设条件对 $\text{det}(J)$ 和 $\text{Tr}(J)$ 的正负方向进行论述。

情形1，当 $C_H - C_L > \Delta P_2$ ， $R_g < T$ 时不存在均衡点。情形2，当 $C_H - C_L > \Delta P_2$ 且 $R_g < T - F_g$ 时，存在均衡点(0, 0)，且当 $C_H - C_L + F - \Delta P_2 - R_g - F_g + T < 0$ 时，存在第二个均衡点(1, 1)。情形3， $C_H - C_L > \Delta P_2$ ， $T > R_g > T - F_g$ 时，存在均衡点(0, 0)，且当 $(-R_g + F_g - T + C_H - C_L - \Delta P_2) < 0$ 时，存在第二个均衡点(1, 0)。情形4， $C_H - C_L + F > \Delta P_2 > C_H - C_L$ ， $R_g > T$ 时，存在(0, 1)一个均衡点。情形5， $C_H - C_L + F > \Delta P_2 > C_H - C_L$ ， $T - F_g > R_g$ 时，存在(1, 0)一个均衡点。情形6， $C_H - C_L + F > \Delta P_2 > C_H - C_L$ ， $T > R_g > T - F_g$ 。情形7， $\Delta P_2 > C_H - C_L + F$ ， $R_g > T$ 时存在均衡点(1, 1)。情形8，当 $\Delta P_2 > C_H - C_L + F$ ， $T - F_g > R_g$ 时，存在唯一均衡点(1, 0)。情形9，当 $\Delta P_2 > C_H - C_L + F$ ， $T - F_g < R_g < T$ 时，存在唯一均衡点(1, 1)。

前文假设中：(1)假设医疗价格大于医疗成本，且医生的高编码行为发生后多获得收益为正， $\Delta P_2 - (C_L - C_H) > 0$ ，即 $\Delta P_2 > C_H - C_L$ ，故情形1、情形2、情形3不具有现实意义。(2)根据预期收益方程，假设监管过程中严格监管时发现高编码行为的医生罚款 $F$ 为正数，未采取严格监管时造成的民众不满和上级政府惩罚 $F_g$ 也是正数，则 $F > 0$ ， $F_g > 0$ 。(3)假设监管成本 $T$ 为正数， $T > 0$ 。因此情形4~9下，对均衡点进行稳定性分析。根据假设中不定点的取值范围分析，得到各情形下均衡点情况如下：当 $C_H - C_L + F > \Delta P_2 > C_H - C_L$ ， $T < R_g$ 时，即医生采取高编码行为后，所多获得收益大于成本增加值，但小于增加值加上罚款，则医生不选择高编码行为，而医保部门所得到的上级奖励或民众信任大于监管成本，则选择严格监管，故存在唯一的均衡点(0, 1)详见表1。当 $C_H - C_L + F > \Delta P_2 > C_H - C_L$ ， $T - F_g > R_g$ 时，由于医保部门所得到的上级奖励或民众信任小于监管成本，则逐渐选择宽松监管，而宽松监管后，医生看到博弈对方的选择，将逐渐趋向高编码行为，故此时仅存在(1, 0)一个均衡点详见表2。情形6~9不再予以赘述。

由稳定状态分析可得出以下推论。(1)当 $y=Y$ ( $0 \leq Y \leq 1$ )，总有 $F(x) = 0$ ，即不论 $x$ 在定义域内如何取值，系统都会达到演化稳定状态；医保行政部门进行严格监管的程度为 $Y$ 时，医生选择是否高编码行为对其收益没有差异。当 $x=X$ ( $0 \leq X \leq 1$ )，总有 $F(y) = 0$ ，即不论 $y$ 在定义域内如何取值，系统都会达到演化稳定状态。选择医生高编码行为的可能性为 $X$ 时，医保是否监管对其收益都没有差异。(2)在情形6的情况下，均衡点无稳定点。根据Taylor所提出的结论可知，该博弈系统具有渐近稳定性<sup>[7]</sup>，具体表现为一种趋于稳定的螺旋形环线，( $X$ ,  $Y$ )为稳定的焦点。

表1 情形4各均衡点及特征根等分析情况

均衡点	特征根 (detJ)	+/-	迹 (trj)	+/-	均衡点状态
(0, 0)	$(C_H - C_L + \Delta P) \cdot (R_g - t)$	+	$(C_H - C_L + \Delta P) + (R_g - t)$	+	Sad
(0, 1)	$-(C_L - C_H + \Delta P - F)(R_g - t)$	+	$(C_L - C_H + \Delta P - F) - (R_g - t)$	-	ESS
(1, 0)	$-(C_H - C_L + \Delta P) \cdot (F_g + R_g - t)$	-	$-(C_H - C_L + \Delta P) + (F_g + R_g - t)$	?	Un
(1, 1)	$(C_L - C_H + \Delta P - F) \cdot (F_g + R_g - t)$	-	$(C_L - C_H + \Delta P - F) - (F_g + R_g - t)$	?	Un

注: ?指不定, Un不稳定点, ESS为均衡点, Sad是鞍点, +/-表示数值的正负。

表2 情形5各均衡点及特征根等分析情况

均衡点	特征根 (detJ)	+/-	迹 (trj)	+/-	均衡点状态
(0, 0)	$(C_H - C_L + \Delta P) \cdot (R_g - t)$	+	$(C_H - C_L + \Delta P) + (R_g - t)$	+	Sad
(0, 1)	$-(C_L - C_H + \Delta P - F)(R_g - t)$	+	$(C_L - C_H + \Delta P - F) - (R_g - t)$	-	ESS
(1, 0)	$-(C_H - C_L + \Delta P) \cdot (F_g + R_g - t)$	-	$-(C_H - C_L + \Delta P) + (F_g + R_g - t)$	?	Un
(1, 1)	$(C_L - C_H + \Delta P - F) \cdot (F_g + R_g - t)$	-	$(C_L - C_H + \Delta P - F) - (F_g + R_g - t)$	?	Un

注: ?指不定, Un不稳定点, ESS为均衡点, Sad是鞍点, +/-表示数值的正负。

表3 情形4-9演化参数

情形	detaP	F	CL	CH	T	$F_g$	$R_g$
情形4	5	3	5	8	1	2	2
情形5	5	3	5	8	5	2	2
情形6	5	3	5	8	5	2	4
情形7	7	3	5	8	1	2	2
情形8	7	3	5	8	5	2	2
情形9	7	3	5	8	5	2	4

### 3 数值实验

启动 MATLAB, 对不同情形进行仿真分析, 根据郑州市样本医院运营数据分析, 将固定参数 F、CL、CH、 $F_g$  假设为 3, 5, 8, 2, 改变其他可变参数, 生成情形 4~9 详见表 3, 并对此演化分析。在仿真结果图 1~图 6 中, 以不同颜色曲线代表不同初始值下情形模拟, 黑色  $x=0.1, y=0.1$ ; 红色  $x=0.3, y=0.3$ ; 黄色  $x=0.5,$

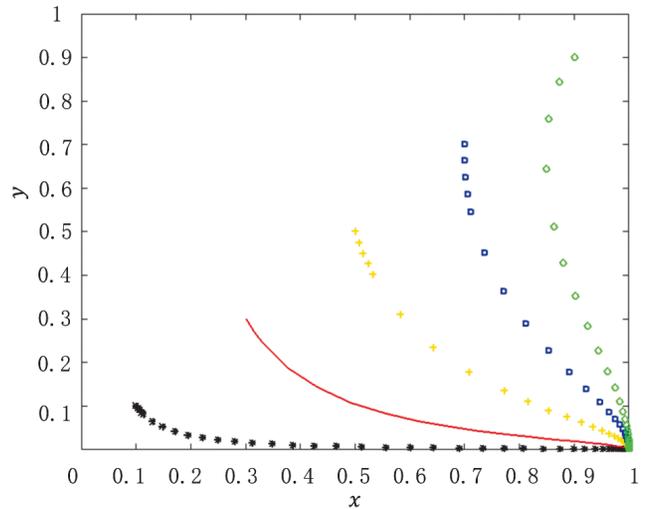


图2 情景5仿真结果

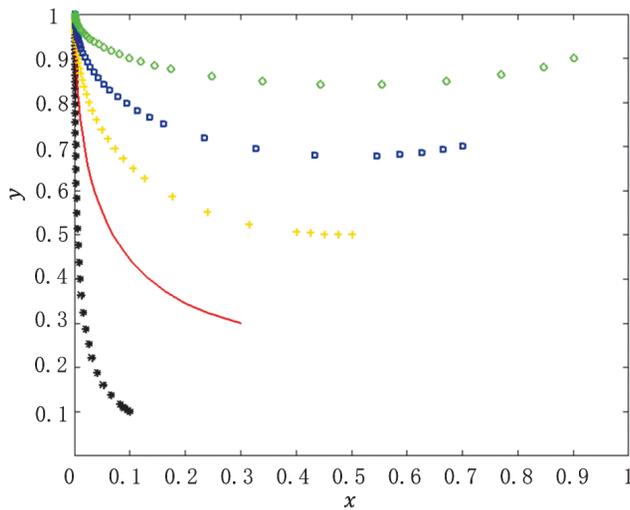


图1 情景4仿真结果

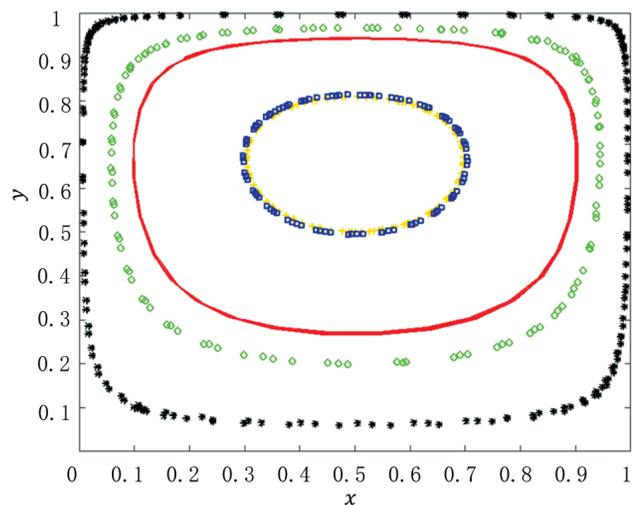


图3 情景6仿真结果

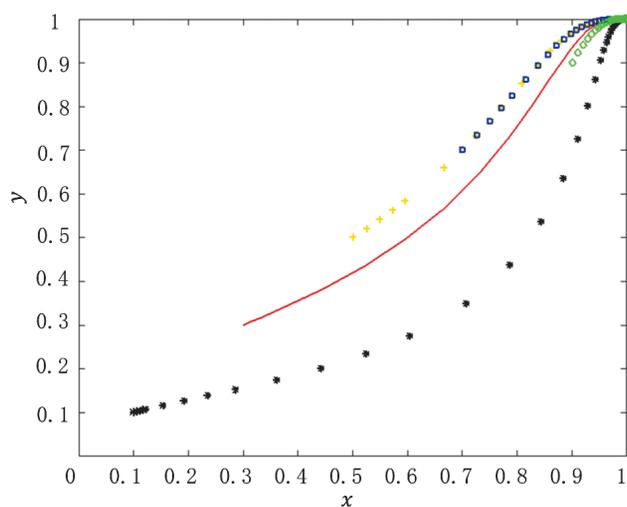


图4 情景7仿真结果

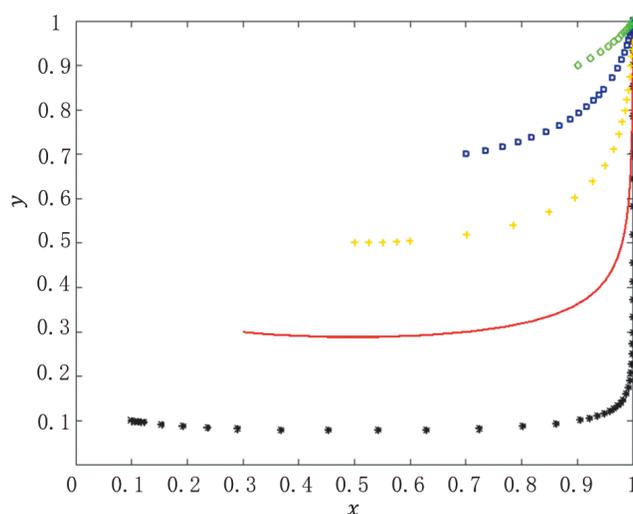


图6 情景9仿真结果

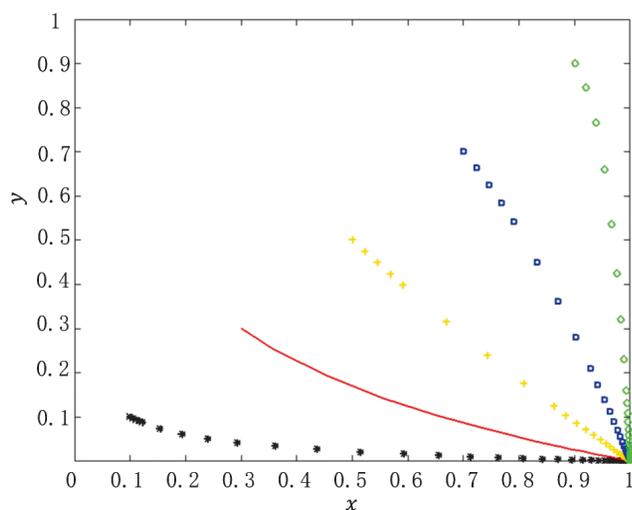


图5 情景8仿真结果

$y=0.5$ ; 蓝色 $x=0.7, y=0.7$ ; 绿色 $x=0.9, y=0.9$ 。

#### 4 结论和建议

本研究针对DRG背景下医生是否采取高编码行为与医保部门监管程度组成的策略行为选择演化博弈系统，在引入政府惩罚制度的基础上，计算不同情形下博弈双方的收益情况，从而选择最优策略。为了更好地分析参数对模型演化过程的影响，本研究通过变化几个参数，来探讨博弈双方随时间变化策略选择的演化过程。研究发现：(1) 医生选择高编码行为后所带来的额外收益会显著影响医生及医保部门的战略选择。由图1、图3、图4、图6可知，随着高编码行为带来的利润增加，医生选择高编码行为的概率增大，医保部门严格监管概率增加，双方策略逐渐趋向(1, 1)，此时双方策略选择为(高编码行为，严格监管)。(2) 监

管成本的改变会影响医生与医保部门的战略选择结果，通过对比情形4与情形5，发现当监管成本降低时，策略稳定点由(1, 0)变为(正常诊断，严格监管)的策略选择。(3) 带来民众不满和上级政府惩罚会影响医保部门严格监管的决策，如情景1和情景3所示，当医保部门所受损失小于严格监管所需付出的成本时，医保部门会逐渐倾向于选择宽松监管，医生将选择高编码行为，博弈双方随时间变化的策略选择会趋于(1, 0)。

在此基础上，给出以下管理启示：(1) 首先，利用大数据、云计算技术，加强信息系统建设，提升大数据智能监控，拓展智能监控效能，通过机器学习的编码，改善监督机制，并利用支持向量机等算法<sup>[8]</sup>，实现对编码行为智能监控，从而科学化、精细化地进行稽查。其次，健全高编码行为监管机制，以医保部门为主导，成立医保稽核稽查队伍，通过惩罚手段降低医生选择高编码行为的倾向<sup>[9]</sup>。最后建立民众反馈机制，畅通投诉举报渠道，规范受理、检查、反馈等工作流程和机制，对编码过程进行审查，促使医保严格监管。(2) 在政府为主导的前提下，调整医生的薪酬结构，提出两点措施：第一，健全医保结余留用机制。在推进DRG付费的背景下，各地医保结余发放到科室及医生却面临规范上的空白，建议将结余留用作为医疗收入或上级补助收入，把结余发放到一线，提高医生积极性。第二，卫生健康行政部门通过调整DRG不同分组的医生收入差距，使其更加合理，医院回归功能定位，引导医生正常诊断。(3) 加强DRG政策推广力度，调整各方价值观念。加强宣传解读和舆论引导，形成广泛的社会共识。统筹示范医院建设，

(▶▶下转第52页▶▶)

在规划资源投入时,应因地制宜,将更多因素纳入到决策流程中,缩小配置差异,使专业公共卫生资源的配置更加公平。

#### 参 考 文 献

- [1] 林小丹,徐碧霞,姚卫光.广东省专业公共卫生机构卫生资源配置公平性分析[J].现代预防医学,2021,48(10):1839-1842,1853.
- [2] 梁建军,邹小明,阮晨昕,等.基于加权秩和比法评价广东省公共卫生资源配置[J].现代预防医学,2021,48(23):4307-4311.
- [3] 王在翔,范俊杰.基于人口和地理二维分布公平性的山东省公共卫生资源配置研究[J].中国卫生统计,2014,31(4):693-695.
- [4] 张新宇,任建萍,朱依滢,等.中国专业公共卫生机构卫生资源配置公平性分析[J].中国预防医学杂志,2019,20(8):641-645.
- [5] 孟翠香,尹文强,张田田,等.我国专业公共卫生机构卫生资源配置公平性分析[J].现代预防医学,2021,48(22):4136-4140,4180.
- [6] 吴文娟,兰丽娜.基于非整秩次秩和比法综合评价北京市社区卫生服务现状[J].中国卫生经济,2020,39(7):72-74.
- [7] 孙健,王前强,文秋林.基于秩和比法评价广西卫生资源配置现状[J].中国卫生统计,2017,34(3):488-489,491.
- [8] 陈秀芝,彭颖,康琦,等.长三角地区卫生资源集聚度评价分析[J].中国卫生经济,2021,40(3):37-39.
- [9] 徐伟平,武宁,张光鹏,等.我国卫生管理人员资源集聚度评价分析[J].中国卫生经济,2022,41(4):41-45.
- [10] 李丽清,赵玉兰,周绪,等.我国卫生人力资源配置现状及其公平性分析[J].中国卫生经济,2020,39(11):44-48.
- [11] 李丽清,钟蔓菁,易飞,等.我国卫生筹资水平的公平性分析[J].中国卫生经济,2018,37(1):57-61.
- [12] 胡晗,江世英,梁鑫鑫.2016-2018年内蒙古疾控机构人力资源配置状况及公平性分析[J].医学与社会,2021,34(9):22-26,43.
- [13] 高颖,李丽清.我国卫生筹资公平性的泰尔系数分析[J].中国卫生统计,2018,35(4):600-602.
- [14] 曾灿,张司飞,李华.广东省地区经济差距的演变及来源分解[J].广东社会科学,2017(4):38-45.
- [15] 张晔,张驰,王志强.2004~2016年新疆医疗卫生资源配置公平性与影响因素研究——基于“人口公平性”与“地理公平性”的综合视角[J].中国卫生事业管理,2019,36(7):499-509.
- [16] 陈菲,张培林,郑万会,等.人口流动视域下重庆市公共卫生资源配置的公平性分析[J].上海交通大学学报(医学版),2015,35(8):1207-1212.
- [17] 肖思曲,王梓棋,程雨,等.基于差别指数和集聚度的贵州省卫生资源配置公平性评价[J].中国卫生统计,2020,37(2):215-217.
- [18] 郭壹凡,曾志嵘.基于集聚度和泰尔指数的珠三角九市卫生资源配置公平性分析[J].中国卫生统计,2022,39(3):422-425.
- [19] 陈聚祥,张婧婧,黎映静,等.基于数据包络分析的贵州省卫生资源配置效率评价[J].中国卫生统计,2020,37(6):935-937.
- [20] 张萌珺,刘春雨,刘媛媛,等.基于基尼系数和泰尔指数的天津市专业公共卫生资源配置研究[J].中国公共卫生管理,2022,38(3):292-296.

[收稿日期:2022-11-29] (编辑:毕然,滕百军)

(◀◀上接第40页◀◀)

开展示范医院宣传等工作。引导医疗机构加强管理,促进医保基金运行提质增效,提升医保患三方对高编码行为的认知,促使医方减少高编码行为,患方积极参与监督,医保部门加大监管力度。

#### 参 考 文 献

- [1] 陶红兵.基于博弈理论的DRG支付制度对医疗机构诊疗行为影响分析[J].中国卫生经济,2021,40(3):5-8.
- [2] SCHOENFELDER T, KLEWER J. Verfahren zur Erkennung von DRG-Upcoding[J]. Heilberufe, 2008,60(Suppl 1):6-12.
- [3] COOK A, AVERETT S. Do hospitals respond to changing incentive structures? Evidence from Medicare's 2007 DRG restructuring[J]. J health econ, 2020,73(1):102319.
- [4] HERWAARDEN S V, WALLENBURG I, MESSELINK J, et al. Opening the black box of diagnosis-related groups (DRGs): unpacking the technical remuneration structure of the Dutch DRG system[J]. Health economics, policy and law, 2020,15(2):196-209.
- [5] MILCENT C. From downcoding to upcoding: DRG based payment in hospitals[J]. Int j health econ manag, 2021,21(1):1-26.
- [6] 李浩,陶红兵.基于诊断编码信息传递环节构建低码高编风险因素分析框架综述[J].中国卫生经济,2021,40(12):31-36.
- [7] LIU X, FANG C, WU C, et al. DRG grouping by machine learning: from expert-oriented to data-based method[J]. BMC med inform decis mak, 2021,21(312):1-11.
- [8] 常峰,纪美艳,路云.德国的G-DRG医保支付制度及对我国的启示[J].中国卫生经济,2016,35(6):92-96.

[收稿日期:2022-11-05] (编辑:杨威)