

doi:10.19920/j.cnki.jmsc.2023.06.007

DRGs 与 DIP 的对比研究：基于医院运营的视角^①

甘燕红¹, 周文慧¹, 陈妍^{2,3*}

(1. 华南理工大学工商管理学院, 广州 510640; 2. 湖南工商大学前沿交叉学院, 长沙 410205;
3. 长沙人工智能社会实验室, 长沙 410205)

摘要: 打包预付方式将控制医疗费用的责任转移至医方,能激励医院做好成本管控,会对医院的日常运营产生重大影响. 本文主要研究按疾病相关组付费(DRGs)和按病种分值付费(DIP)两种支付方式,通过构建排队和竞争博弈模型探讨两种支付方式下的医院间服务速率决策问题以及相同医疗预算下的医疗服务质量、医院利润和社会福利的对比研究,并通过数值方式探讨了医院数量和服务成本系数对系统性能的影响. 研究发现:1) DIP 与 DRGs 相比,医院的服务速率相对降低,服务的病人数量较少,但医院利润更大. 2) 从社会福利来看,患者损失的成本较高时,DRGs 较优;反之,DIP 较优,且此时 DIP 是帕累托改进策略. 3) 只有当医院数量适中、服务成本系数较大时,DIP 的优势才更明显.

关键词: 医保支付方式; DRGs; DIP; 医院运营; 排队博弈

中图分类号: F282 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2023)06-0114-12

0 引言

改革开放以来,我国卫生总费用呈快速增长趋势,由 2009 年的 17 542 亿元增至 2018 年的 59 122 亿元,增长 237%,是国内 GDP 增速的近 2 倍,这给医保基金造成了巨大压力,2018 年医保基金支出是 2009 年的 6.37 倍,而同期基金收入仅是 2009 年的 5.82 倍^[1,2]. 补偿机制扭曲是费用过快增长的根本原因,传统的按项目收费的支付体系起到了推波助澜的作用^[3],医院会利用信息优势提供过多的或昂贵的医疗服务,形成诱导需求等道德风险,从而导致医疗费用不断攀升^[4]. 支付方式改革迫在眉睫,它对控制医疗费用和提高医疗质量有重大影响,目前我国重点推行打包预付方式,即不管实际医疗费用多少,医保局给医院支付的金额固定不变,这样能有效防范道德风险,将

控制医疗费用的责任转移给医院及医师^[5].

按疾病相关组付费(Diagnosis Related Groups, DRGs)和按病种分值付费(Big Data Diagnosis Intervention Packet, DIP)是目前我国大力推行的两种医保预付方式. DRGs 起源于美国,是目前发达国家普遍采用的一种医保支付方式,也是很多国家和地区医保支付改革的重要方向^[6],原理是按病人所属的疾病相关组付费,能有效避免过度治疗、浪费医疗资源的现象^[7]. 而 DIP 是我国首创的支付方式,原理是利用大数据优势所建立的完整管理体系,发掘“疾病诊断+治疗方式”的共性特征对病案数据进行客观分类,在一定区域范围的全样本病例数据中形成每一个疾病与治疗方式组合的标化定位. 医保局在总额控制的前提下,根据各病种的花费与某固定值(基准病种)的花费比例关系确定相应的病种分值(定工分),

① 收稿日期: 2021-04-16; 修订日期: 2022-09-22.

基金项目: 国家杰出青年科学基金资助项目(71925002); 国家自然科学基金资助项目(71971080; 71601077); 国家自然科学基金资助重点项目(71731006); 湖南省自然科学基金资助项目(2020JJ4252).

通讯作者: 陈妍(1981—),女,湖南岳阳人,博士,教授. Email: yanchen@hnu.edu.cn

医院再提供医疗服务(挣工分),年末医保局再根据医保总预算和该区域内所有医院的总分值确定该年度的费率(即每分的价格),最终按照费率与医院得到的总分值进行费用结算.这两种支付方式的目的都是通过控制医疗费用的责任转移至医院来激励医院做好成本管控,会对医院的日常运营产生重大影响.目前,我国正在同时试点推行这两种医保支付方式,例如:广东省的广州市试点DIP,深圳市试点DRGs.然而,两种医保支付方式的实施效果究竟有何区别?对医院运营的影响机理又有何区别?对这些问题的回答尚不清楚,不管是医保局还是医疗机构都处于摸索阶段,这是一个亟待解决的问题.正是基于此,本研究通过构建排队和博弈模型,首次从医院运营视角来对比分析这两种打包预付方式的作用机理.本研究对后续支付方式改革有着深远的意义.

从运营角度来看,医院需权衡能服务的病人总数和每个病人带来的边际收益.由于短期内的服务能力很难改变,医院只能通过动态调整服务速率来面对打包预付方式带来的成本管控压力.一方面,服务速率越慢,病人的等待时间越长,能服务的病人总数越少;另一方面,医疗服务有别于一般服务,服务速率越快,看诊的质量越低,病人再入院的可能性越高,总的医疗成本费用越高,每个病人带来的边际收益越少^[8],这是因为在DRGs或DIP两种支付方式下,病人30天内再入院所发生的医疗费用,医保是不会重复报销的,只是累计成一个病例进行结算^②,这样能有效防范道德风险,将控制医疗费用的责任转移给医院,并迫使医院提高医疗质量.医院进行运营决策时需权衡服务速率与医疗成本两者.综上,本研究将结合一个排队模型与竞争博弈模型,研究当考虑服务速率与成本权衡时,两种打包预付方式下的医院间最优服务速率决策问题,还将分析当医疗总预算相同时,两种支付方式下的医院服务速率、医疗质量、医院利润和社会福利等方面的差异,帮助政策制定者和医院相关管理人员更好地认识这两种支付方式的作用机理,以此达到控制医疗成本和提高医疗质量的支付改革目标.

与本研究相关的文献有:医疗运作管理和医保支付方式对医院运营的影响.医疗运作管理的主要研究对象有:选址与分配^[9]、能力规划^[10]、资源调度^[11]、病人预约调度^[12]、服务外包^[13]、用户行为^[14]等,具体可参见综述^[15],而本研究主要考虑服务速率与成本权衡时的服务速率竞争问题. Anand等^[16]通过感知服务价值函数来刻画顾客密集型服务中的速率与质量权衡问题,服务速率越快,感知价值越低,但他们只考虑了服务速率对顾客选择行为的影响. Wang等^[17]在此基础上,还考虑了服务速率对医疗费用的影响且服务提供者能从医疗费用中抽成的情形,服务速率越快,感知服务价值越低,医疗费用越高,医院的收入可能也越高,该研究类似于考虑按项目付费方式下的服务速率决策问题.而本研究主要考虑在两种新的打包预付方式下的服务速率决策问题,是对医保支付方式改革下的医院服务速率运营层面的进一步分析,能为医院在新的医保支付环境下的日常运营提供理论指导.

此外,与本研究相关的文献还有考虑医保支付方式对医院运营的影响.不同的医保支付方式会影响病人的选择、医院的决策以及整个医疗系统的性能^[18],现有的支付方式主要有:按项目付费^[19](fee-for-service)、捆绑付费^[20](bundled payment)、按绩效付费^[21](pay-for-performance)、成本分担^[22](cost sharing)、惩罚^[23](penalty)和补贴^[24](subsidy)等.本研究主要考虑DRGs和DIP两种支付方式,目前国内外关于DRGs对医院行为影响的研究有很多,Goldfield^[25]介绍了DRGs的起源以及目前在控制医保质量方面的应用;Zhang等^[26]通过案例分析验证了DRGs的前瞻性支付和比较有效性分析能作为降低医疗成本和改善服务质量的工具;Meng等^[27]通过元分析法发现DRGs能缩短病人的住院时长,但再入院的可能性更大.而DIP作为近三年内中国首创的支付方式,现有的研究较少,姜丽萍等^[28]根据广东三年的DIP试点经验,分析了病案首页质量及设定

② <https://www.cn-healthcare.com/articlewm/20181226/content-1043679.html>

的权重加成指标系数如 CMI 值、医院评定等级、频繁转院等因素对医院结算的影响,并相应地提出了医院在流程管理和操作层面的一些建议;冯芳龄等^[29]从内涵、作用机制和改革实践等方面对比分析了 DRGs 与 DIP 两种支付方式;于保荣教授对广州市的 DIP 试点医院和沈阳市的 DRGs 试点医院的对比调查显示,DRGs 试点医院的同质性更好,各医院对 DRGs 的接受度和满意度普遍较高.而 DIP 试点医院的差异较大,基层医疗机构可能因医保补偿变少而减弱服务能力^[30].DRGs 和 DIP 究竟应该在什么级别范围的医院试点和推广是一个值得思考的问题.本研究将通过博弈模型进一步对比分析 DRGs 和 DIP 在降低医疗成本和控制医疗质量方面的效果差异,同时为每种支付方式找到各自适用的情形,以期为现阶段的医保支付方式改革提供相应的理论指导.

1 模型描述

考虑 n 家医院在 DRGs 和 DIP 两种不同支付方式下的服务速率决策问题,医院不仅需权衡自身的服务速率与医疗成本,还需考虑不同医院间的竞争对服务速率决策的影响.为了聚焦两种支付方式对医院运营的作用机理对比研究,本研究暂不考虑医院间的需求竞争,即假设 n 家医院面向独立市场,分别为各自辖区内的病人提供医疗服务,每家医院分别形成一个 M/M/1 排队系统,服务时间均服从独立同指数分布,服务规则均为先到达先服务 (FCFS).

假设病人对医疗服务的感知价值为 R ,病人对延时敏感且有相同的单位延时成本为 h ,病人到达医院的过程服从泊松过程,潜在到达率为 Λ .假设病人到达后不能观测到队长,只能根据期望等待时间 $W(\mu, \lambda)$ 来判断是否进入系统接受服务. Chen 和 Wan^[31] 以及 Guo 等^[20] 都指出,延时敏感病人是否进入系统取决于服务的“净效用值”——病人感知的总价值减去价格和延时成本,这里假设病人的所有医疗费用都由医保承担,且病人寻找外部机会治疗得到的效用为 0,那么病人进入系统的净效用 $U = R - hW(\mu, \lambda)$,其中病人的期望等待时间 $W(\mu, \lambda) =$

$\frac{1}{\mu - \lambda}$.只有当病人的净效用 U 非负时,病人才会进入系统接受服务.最终当 $U = 0$ 时,不会再有其他病人进入系统,系统达到均衡状态.每家医院的实际有效到达病人总数可用下面的定理 1 表示.

定理 1 n 家医院的病人均衡到达率与其服务速率有关,均满足下式

$$\lambda_e = \begin{cases} 0, & 0 < \mu \leq \frac{h}{R} \\ \mu - \frac{h}{R}, & \frac{h}{R} < \mu < \frac{h}{R} + \Lambda \\ \Lambda, & \mu \geq \frac{h}{R} + \Lambda \end{cases}$$

定理 1 表明:当医院的服务速率很慢时,没有病人愿意进入系统;随着服务速率加快,进入系统的病人越来越多,直到服务速率到达某个阈值时,所有潜在的病人都进入系统;总体来看,病人均衡到达率是服务速率的非减函数.

接下来分析医院在不同的医保支付方式下的服务速率决策问题.由于不同病人的体质和病情差异,用随机变量 $\varepsilon(\mu)$ 表示当医院服务速率为 μ 时的病人医疗成本,相同服务速率下的不同病人的医疗成本可能不一样,医院也无法预判每个病人所需的医疗成本,通常用 $E[\varepsilon(\mu)]$ 表示服务速率为 μ 时的病人期望(平均)医疗成本,为了符号简便,定义 $c(\mu) = E[\varepsilon(\mu)]$.此外,为了防止出现医院提供过快的服务速率而忽视医疗质量的现象,借鉴 Wang 等^[17] 提出的随服务速率单调递增的期望医疗成本函数: $c(\mu) = c_0 + \beta(\mu - \mu_0)$,其中 $\mu_0 > 0$ 表示某个基准服务速率, c_0 表示当医院提供基准服务速率时的病人期望医疗成本, $\beta > 0$ 是因服务速率超过基准服务速率带来的期望医疗成本增量.可以理解为:服务速率越快,医疗质量越差,再入院的可能性越大,需要其他检查或治疗的医疗成本就越高.

本研究会重点考虑按疾病相关组付费和按病种分值付费两种不同的支付方式下的医院间服务速率决策问题以及相同医疗总预算下的医疗服务质量、医院利润和社会福利的对比研究.这里先通过图 1 有个直观的了解,详细的介绍可直接阅读下文的第 2.1 节和第 2.2 节.

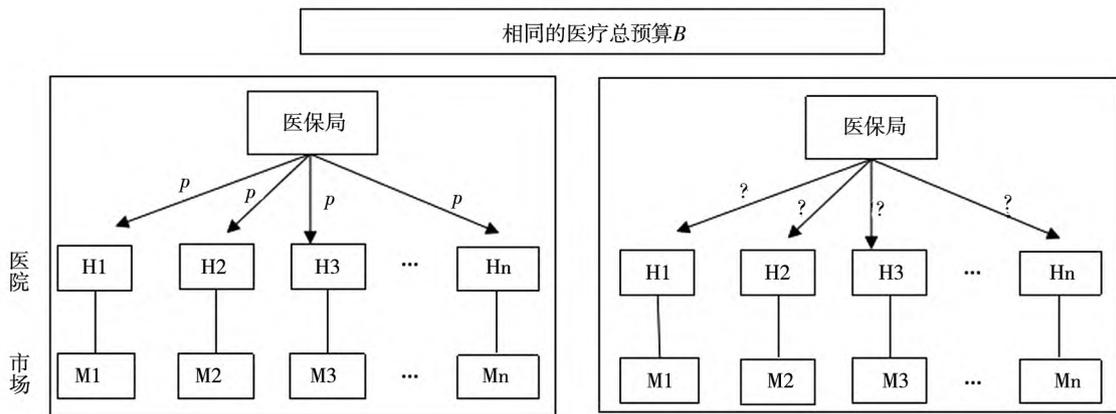


图 1 DRGs (左) 与 DIP (右) 的结算方式对比

Fig. 1 Comparison of DRGs (left) and DIP (right)

2 医院服务速率决策

2.1 按疾病相关组付费 (DRGs)

在 DRGs 方式下, 针对同一病种, 无论实际的医疗费用是多少, 医保局都只支付某个固定的人均费用 p (由全市该病种的平均费用确定), 医院再根据该病种的平均医疗成本 $c(\mu)$ 和 p 的大小来决策其服务速率使得自身的期望利润最大. 过快的服务速率可以服务更多的病人总数, 但也意味着更高的医疗成本和更少的边际收益, 医院在进行服务速率决策时需权衡能服务的病人总数和每个病人带来的边际收益. 需要说明的是, 该种方式下, n 家医院分别在各自独立的市场上提供医疗服务, 不同医院间也不存在医疗预算竞争, 医院间的服务速率决策不会互相影响, 每家医院只需决策某个服务速率使自己的期望利润最大化. 假设 n 家医院是同质的, 那么每家医院的期望利润可表示为

$$\pi(\mu) = (p - c(\mu)) \lambda_e \quad (1)$$

其中 $c(\mu)$ 和 λ_e 分别表示期望医疗成本和期望到达的病人总数, 且 $c(\mu) = c_0 + \beta(\mu - \mu_0)$. 假设最优服务速率需满足 $\pi(\mu) \geq 0$, 即对某些非完全公益的医院而言, 也需通过日常运营来维持医院的正常运作, 这也符合目前我国大型公立医院普遍采用公益二类编制的现状, 这一编制形式允许医疗机构从市场配置医疗资源, 在一定程度赋予

了医疗机构的盈利目标导向.

定理 2 DRGs 支付方式下, 给定 p , 医院的最优服务速率为

$$1) \text{ 当 } 0 < p < \underline{p} \text{ 时, } \mu^{\text{DRGs}} = \mu_0 + \frac{p - c_0}{\beta}, \lambda_e^{\text{DRGs}} = 0;$$

$$2) \text{ 当 } \underline{p} \leq p < \bar{p} \text{ 时, } \mu^{\text{DRGs}} = \frac{\mu_0}{2} + \frac{p - c_0}{2\beta} + \frac{h}{2R},$$

$$\lambda_e^{\text{DRGs}} = \frac{\mu_0}{2} + \frac{p - c_0}{2\beta} - \frac{h}{2R};$$

$$3) \text{ 当 } p \geq \bar{p} \text{ 时, } \mu^{\text{DRGs}} = \Lambda + \frac{h}{R}, \lambda_e^{\text{DRGs}} = \Lambda.$$

其中 $\underline{p} = c_0 - \beta\mu_0 + \frac{\beta h}{R}$, $\bar{p} = c_0 - \beta\mu_0 + \frac{\beta h}{R} + 2\beta\Lambda$.

定理 2 表明: 当医保局制定的价格较小时, 医院无法获得正利润, 会制定一个恰好使边际利润为 0 的服务速率, 但在该速率下, 不会有病人愿意进入医院; 当医保局制定的价格变大时, 加快服务速率, 可以服务更多的病人, 但同时治疗成本也更高, 医院可以制定一个最优的服务速率使其利润最大化, 此时最优服务速率随着价格 p 的增加而增加. 但当价格 p 增加到某个值时, 加快服务速率也无法服务更多病人, 只会产生更多的治疗成本, 此时医院不会再加快服务速率, 而是制定某个固定的服务速率恰好使得所有病人都进入医院接受治疗.

2.2 按病种分值付费 (DIP)

在 DIP 方式下, 医保局不再是制定某个固定的价格 p , 而是年初直接给定该区域 n 家医院的

医疗总预算 B , 并根据各病种的花费与某基准病种的花费比例关系确定各病种的分值, 年末再根据该区域内 n 家医院的总分值确定该年度的费率 (每分的价格, 类似于 DRGs 下的 p), 最终再按照费率与医院得到的总分值进行费用结算. 由于技术处理难度, 本研究暂不考虑多病种情形, 而是假设所有的病人都是单一病种. 不失一般性, 假定该病种的分值为 1, 那么按病种分值结算等同于按医院治疗的病人总数结算, 也就是说医院可以通过服务速率决策来参与医疗预算的竞争. 这也是与 DRGs 的主要区别: DIP 的病种人均费用 (费率) 由 n 家医院的服务速率决策共同决定, 医院在决定其服务速率时, 不仅需要考虑自身情况, 还要考虑其他医院的决策. 换言之, 在 DIP 支付方式下, 医保局补贴给每家医院的人均费用等于所有医院的人均费用的均值, 这和 Savva^[32] 提出的尺度竞争概念类似, 当某公司的生产成本未知时, 将所有公司的平均生产成本定为最终的补贴标准, 这样会迫使公司参与到降低成本的竞争中. 那么 DIP 这种类似的补贴方式是否也会加剧医院间的竞争强度?

假设 n 家医院同质, 接下来重点分析医院间的对称纳什均衡. 给定其他医院的服务速率 μ_{-i} , 医院 i 的目标是通过决策其服务速率 μ_i 使其利润最大化, 医院 i 的期望利润可表示为

$$\pi(\mu_i) = \left(\frac{B}{\lambda_i + \lambda_{-i}} - c(\mu_i) \right) \lambda_i \quad (2)$$

其中 $\lambda_{-i} = \sum_{i=1}^{n-1} \lambda_i$, 表示其他医院服务的病人总数, 也是其他医院的总分值 (该病种的分值设为

1), 所以 $\frac{B}{\lambda_i + \lambda_{-i}}$ 表示每分的价格, 即医保记账的费率, 在这里类似于 DRGs 的人均费用 p , 区别在于该费率会受到其他医院决策的共同影响, 而 p 是固定不变的. 同样地, $c(\mu_i) = c_0 + \beta(\mu_i - \mu_0)$, 最优服务速率需满足 $\pi(\mu_i) \geq 0$.

定理 3 DIP 支付方式下, 给定 B , 存在唯一的对称均衡 $(\mu^{\text{DIP}}, \dots, \mu^{\text{DIP}})$ 使得 n 家医院平分医疗总预算 B .

1) 当 $0 < B < \bar{B}$ 时, $\mu^{\text{DIP}} = \frac{\frac{3\beta h}{R} - c_0 + \beta \mu_0 - \sqrt{\left(c_0 - \beta \mu_0 + \frac{\beta h}{R}\right)^2 + \frac{8(n-1)\beta B}{n^2}}}{4\beta}$,

$$\lambda_e^{\text{DIP}} = \mu^{\text{DIP}} - \frac{h}{R}.$$

2) 当 $B \geq \bar{B}$ 时, $\mu^{\text{DIP}} = \Lambda + \frac{h}{R}, \lambda_e^{\text{DIP}} = \Lambda$.

其中 $\bar{B} = \frac{n^2 \Lambda}{n-1} (c_0 - \beta \mu_0 + \frac{\beta h}{R} + 2\beta \Lambda) = \frac{n}{n-1} n p \Lambda$.

定理 3 表明: 考虑 n 家医院竞争医疗预算时, 总是存在唯一的纳什均衡策略, 使得 n 家医院平分医疗总预算 B . 当总预算 B 较小时, 加快服务速率, 可以服务更多的病人, 但同时治疗成本也更高, 医院可以制定一个最优的服务速率使其利润最大化, 此时最优服务速率随着总预算 B 的增加而增加. 但当预算 B 增加到某个值时, 加快服务速率无法服务更多病人, 只会产生更多的治疗成本, 此时医院不会加快服务速率, 而是制定某个固定的服务速率使得所有病人都进入医院接受医疗服务.

3 两种支付方式的对比分析

为了更好地了解两种支付方式的作用机理和效率, 本章考虑在医疗总预算相同时, 即 $B = n \lambda_e p$ 时, 两种支付方式下的最优服务速率、医院利润、社会福利的大小关系. 当 $0 < p < \underline{p}$ 时, $\underline{B} = n \underline{p} \lambda_e = 0$, 现实背景下几乎不会出现该情形, 故本研究只考虑 $B > 0$ 的情形. 定义 $\tilde{B} = n p \Lambda < \bar{B} = \frac{n}{n-1} n p \Lambda$.

3.1 最优服务速率对比

通过比较两种支付方式下的最优服务速率 (详见附录), 最终可得定理 4.

定理 4 两种支付方式的最优服务速率大小与医疗总预算 B 有关, 具体地

1) 当 $0 < B < \bar{B}$ 时, $\mu^{\text{DIP}} < \mu^{\text{DRGs}}, \lambda_e^{\text{DIP}} < \lambda_e^{\text{DRGs}}$.

2) 当 $B \geq \bar{B}$ 时, $\mu^{\text{DIP}} = \mu^{\text{DRGs}}, \lambda_e^{\text{DIP}} = \lambda_e^{\text{DRGs}}$.

定理 4 表明: 采用 DIP 支付方式, 医院会更注

重医疗服务质量, DIP 下的服务速率总是小于等于 DRGs 下的服务速率, 该结论符合医保局推行 DIP 支付方式的初衷, 即 DIP 是以医疗质量为基础的精细化管理. DIP 支付方式下的医院, 并不会因为医疗预算的竞争而提供更快的服务速率来抢占预算, 相反, 因为在 DIP 下, 医院不仅能直接决定其服务的病人数量, 还能间接决定服务每个病人的单价(费率), 所以在该支付方式下, 医院有更大的决策空间, 决策的柔性更大, 使得医院不会盲目地加快服务速率来参与竞争, 医院之间更多呈现的是合谋的效果, 即在不影响收入的情况下, 尽可能地降低服务成本来获得更大的利润.

此外还发现两种支付方式下的服务速率与医疗总预算 B 有相同的变化趋势, 可用下面的定理 5 表示.

定理 5 随着 B 的增加, μ^{DIP} 和 μ^{DRGs} 都先增加后不变, 具体地

$$1) \text{ 当 } 0 < B < \bar{B} \text{ 时, } \frac{\partial \mu^{\text{DIP}}}{\partial B} > 0; \text{ 当 } B \geq \bar{B} \text{ 时, } \frac{\partial \mu^{\text{DIP}}}{\partial B} = 0.$$

$$2) \text{ 当 } 0 < B < \tilde{B} \text{ 时, } \frac{\partial \mu^{\text{DRGs}}}{\partial B} > 0; \text{ 当 } B \geq \tilde{B} \text{ 时, } \frac{\partial \mu^{\text{DRGs}}}{\partial B} = 0.$$

$$\text{其中 } \tilde{B} = n \bar{p} \Lambda < \bar{B} = \frac{n}{n-1} n \bar{p} \Lambda.$$

定理 5 表明: 当医疗总预算 B 小于某个阈值时, 服务速率随着 B 的增加而增加; 当 B 超过某个阈值时, 服务速率保持不变; 且 DIP 下的阈值大于 DRGs 下的阈值, 两个阈值都恰好使得所有病人进入系统接受治疗. 当医疗总预算超过阈值后, 加快服务速率也无法服务更多的病人, 只能带来更多的医疗成本, 且整体的边际收益会下降, 所以医院的服务速率保持不变. 换言之, 如果医保局想让两种支付方式下的所有病人都能进入系统接受治疗, 那么 DIP 需要的医疗总预算更高. 从该层面来看, DIP 下的医院间的竞争并没有加剧, 反而加大了医保局和病人的压力, 呈现出更强的合谋效果.

3.2 医院利润对比

由前面章节可得两种支付方式下的利润函数分别为

$$\begin{aligned} \pi^{\text{DRGs}} &= (p - c(\mu^{\text{DRGs}})) \lambda_e^{\text{DRGs}} \\ &= \frac{B}{n} - c(\mu^{\text{DRGs}}) \lambda_e^{\text{DRGs}} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \pi^{\text{DIP}} &= \left(\frac{B}{\lambda_i + \lambda_{-i}} - c(\mu_i) \right) \lambda_i \\ &= \frac{B}{n} - c(\mu^{\text{DIP}}) \lambda_e^{\text{DIP}} \end{aligned} \quad (4)$$

通过比较, 可得下面的定理 6.

定理 6 DIP 支付方式下的利润总是不小于 DRGs 下的利润, $\pi^{\text{DIP}} \geq \pi^{\text{DRGs}}$.

定理 6 表明: 当两种支付方式下的医疗总预算相同时, DIP 总是能给医院带来更多的利润. 这是因为当总预算相同时, 若考虑 n 家同质医院, 那么每家医院获得的总收益是相同的, 均为 $\frac{B}{n}$. 当预算较小时, DIP 下的服务速率更慢, 边际的服务成本更小, 服务的人数又更少, DIP 下的总成本小于 DRGs 下的总成本, 所以 DIP 下的利润大于 DRGs 下的利润. 也就是说, DIP 下的合谋效果远大于市场竞争效果, DIP 下的医院可以用更小的成本获得相同的收益, 对医院而言, DIP 支付方式能够带来更大的利润. 但当预算超过某个阈值时, 两种支付方式的服务速率相同, 都选择服务所有病人, 此时两种方式下的利润相等.

3.3 社会福利对比

DIP 支付方式总是能给医院带来更大的利润, 但也有坏处, 即医院接诊的病人数更少. 作为政策的制定者, 不仅希望可以控制医疗成本, 也希望病人的权益能够得到保障. 故本节继续比较两种制度下的社会福利. 又因为考虑同质病人, 进入系统的病人总剩余为 0, 所以改用最小化社会总成本作为制度决策者的目标. 参考文献[33], 社会总成本包括: 医院的服务成本 $n \lambda_e c(\mu)$ 和没有进入系统的病人付出的损失成本 $c_l(\Lambda - \lambda_e)$, 其中 c_l 为患者损失的成本, 包括等待导致的病情恶化、寻找额外治疗的成本等, 那么

$$SC^{\text{DRGs}} = c_l(\Lambda - \lambda_e^{\text{DRGs}}) + n \lambda_e^{\text{DRGs}} c(\mu^{\text{DRGs}}) \quad (5)$$

$$SC^{DIP} = c_l(A - \lambda_e^{DIP}) + n \lambda_e^{DIP} c(\mu^{DIP}) \quad (6)$$

通过比较两种支付方式下的社会总成本,可得下面的定理 7.

定理 7 社会总成本的比较与医疗总预算 B 和患者损失的成本 c_l 有关.

1) 当 $0 < B < \bar{B}$ 且 $0 < c_l < \bar{c}_l$ 时, $SC^{DIP} < SC^{DRGs}$, DIP 的社会总成本更小;

2) 当 $0 < B < \bar{B}$ 且 $c_l > \bar{c}_l$ 时, $SC^{DIP} > SC^{DRGs}$, DRGs 的社会总成本更小;

3) 否则, $SC^{DIP} = SC^{DRGs}$, 两种方式的社会总成本相同.

定理 7 表明:如果医疗总预算大于某个阈值,那么两种支付方式下的社会总成本相同;如果医疗总预算低于该阈值,那么社会总成本的比较还与患者损失的成本 c_l 有关.具体地,当 c_l 较小时,DIP 支付方式下的医院服务成本的减少大于患者损失成本的增加,总体来看,DIP 方式下的社会总成本更小,医保局会更倾向于采用 DIP 支付方式.相反,当患者损失的成本 c_l 较大时,DIP 支付方式下的医院服务成本的减少小于患者损失成本的增加,整体的社会总成本更大,此时医保局会更倾向于采用 DRGs 支付方式.

3.4 帕累托改进策略

前面的第 3.2 节和第 3.3 节分别从医院利润和社会福利两个方面对比了两种支付方式,那么是否存在某种支付方式,能够至少使得医院利润更多或社会总成本更小?把至少能使得医院或医保局的利益得到改善的支付方式定义为帕累托改进策略.接下来的重点就是找到帕累托改进策略以及该策略存在的条件,下面的定理 8 可回答该问题.

定理 8 当医疗总预算较低且患者损失的成本较小($0 < B < \bar{B}$ 且 $0 < c_l < \bar{c}_l$)时,DIP 支付方式是帕累托改进策略.

定理 8 表明:当医疗总预算较低且患者损失的成本较小时,DIP 既能给医院带来更多利润,社会总成本也更低,此时 DIP 是帕累托改进策略.当医疗总预算较低且患者损失的成本较大时,DIP 下的医院利润更高,但社会总成本也高,此时不存在占优策略.当医疗总预算较高时,两种支付方式

下的医院利润和社会总成本完全一致,此时也不存在占优策略.综上,只有 DIP 支付方式有可能成为帕累托改进策略.

4 算例分析

前面的理论结果比较了两种医保支付方式在不同的医疗总预算 B 下的最优服务速率、服务的病人总数、医院利润和社会总成本.但由于最终的均衡结果很难用具体的表达式呈现,导致一些参数对均衡策略的影响无法通过理论证明得到,故本节将通过数值算例来考虑医院数量 n 和服务成本系数 β 对系统性能的影响,包括对比分析两种支付方式下的最优服务速率、均衡到达率、医院利润以及社会总成本,以期为医疗机构在不同情形下的策略提供相应的理论指导.

下面来看一个具体的例子:考虑医保局制定了 20 万元的医保总预算($B = 200\ 000$)为该地区所有医院报销,假设每家医院都有自己的独立市场且每家医院每天有 50 个潜在的某病种病人到达($A = 50$),医院的基准服务速率为 30 人/天($\mu_0 = 30$),该基准服务速率对应的医疗运作成本为 200 元($c_0 = 200$),若超过该基准服务速率,可能因服务速率过快导致再入院率等问题,从而导致医疗费用增加.对病人而言,因看病排队所花费的等待时间本来可以安排工作,假设病人的平均工资为 100 元/天,也就是平均等待成本为 100 元/天($h = 100$),如果病人能进入医院接受治疗,能获得的感知价值为 200 元($R = 200$),如果病人没有选择进入该医院,那么可能需要去寻找额外的治疗机会,所花费的成本为 100 元/天($c_l = 100$).接下来将在该算例的背景下,用数值的方式呈现医院数量 n 和服务成本系数 β 对系统性能的影响.

4.1 医院数量 n 对系统性能的影响

本节检验医院数量 n 对系统性能的影响,设定的参数如下: $B = 200\ 000$, $A = 50$, $h = 100$, $R = 200$, $c_0 = 200$, $\beta = 5$, $\mu_0 = 30$, $c_l = 100$.具体结果如下图 2 所示.

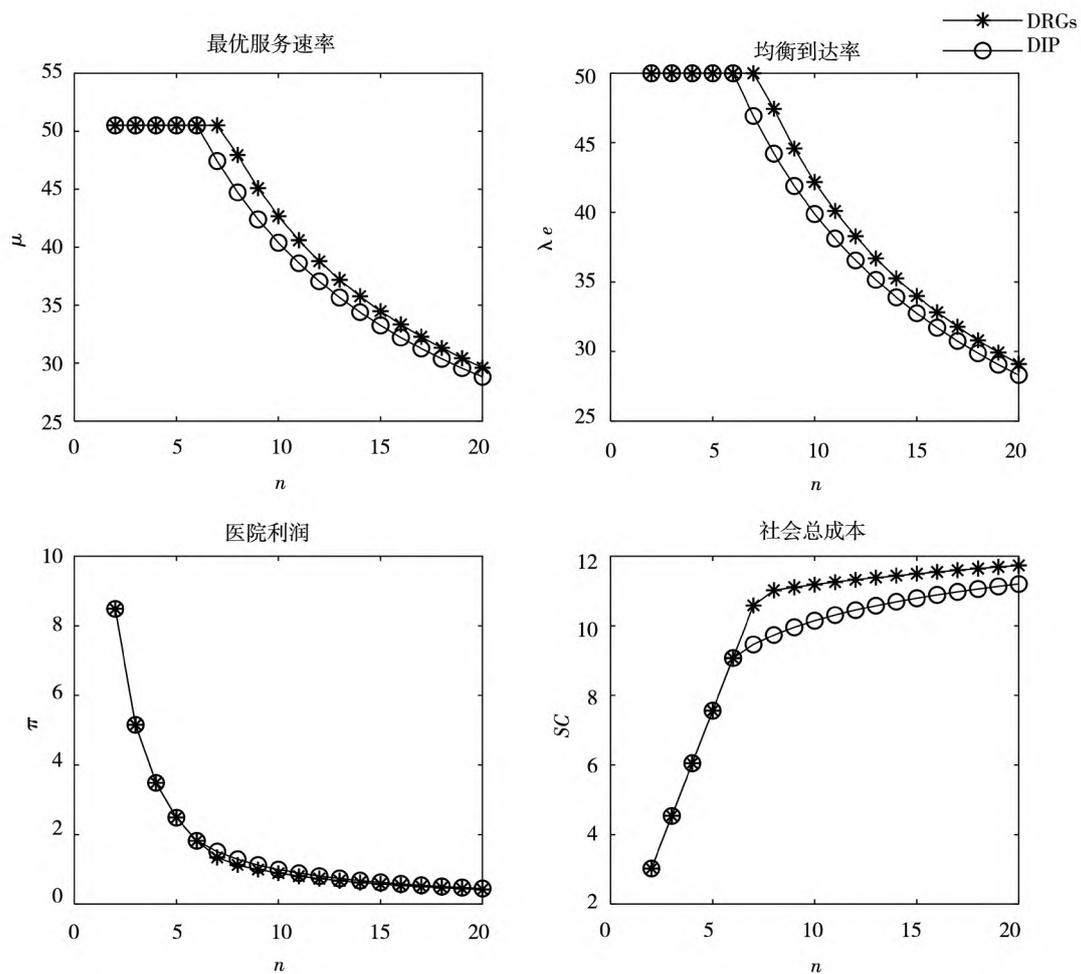


图 2 医院数量 n 对系统性能的影响

Fig. 2 The impact of the number of hospitals n on system performance

从图 2 可以看出,当医院数量 n 较小时,两种支付方式下的最优服务速率相等,且随着 n 的增加,最优服务速率都保持不变.当 n 超过某个阈值时(DIP 的阈值为 $n = 6$, DRGs 的阈值为 $n = 7$),最优服务速率随着 n 的增加而降低,且 DIP 下的最优服务速率总是比 DRGs 下的最优服务速率低.医院服务的病人总数的变化趋势与最优服务速率的变化趋势一致.这是因为当 n 较小时,每家医院能得到的医疗预算比较充足,完全能够支持他们为所有的病人提供服务,但当 n 较大时,每家医院能分到的预算变少,医院只有降低服务速率来提高服务质量和控制医疗成本.

另外,本研究还发现当 n 处于某个中间区域时, DIP 下的利润大于 DRGs 下的利润,且 DIP 下的社会总成本更小,此时 DIP 是帕累托改进策略;但当 n 过大或过小时, DIP 的优势不再明显,如图 2 当 n 很大

时,两种支付方式下的利润差距和社会总成本差距都在缩小.这是因为当 n 过小时,医院间的预算竞争很小,两种支付方式下,医院都能服务完所有的病人;当 n 处于某个中间区间时,医院间虽然存在预算竞争,但 DIP 下的合谋作用大于预算竞争的效果,医院通过降低服务速率来提高医疗质量和降低医疗成本,最终导致 DIP 下的医院利润更高且社会总成本更低;但当 n 过大时,医院间预算竞争太大, DIP 下的合谋效果也无法充分发挥,导致 DIP 的优势变小.该发现说明当医保局选择按病种分值付费的支付方式时,还需考虑该地区的医院数量对系统性能的影响.

4.2 服务成本系数 β 对系统性能的影响

本节检验服务成本系数 β 对系统性能的影响,设定参数如下: $B = 200\ 000, n = 8, \Lambda = 50, h = 100, R = 200, c_0 = 200, \mu_0 = 30, c_l = 100$. 具体结果如图 3 所示.

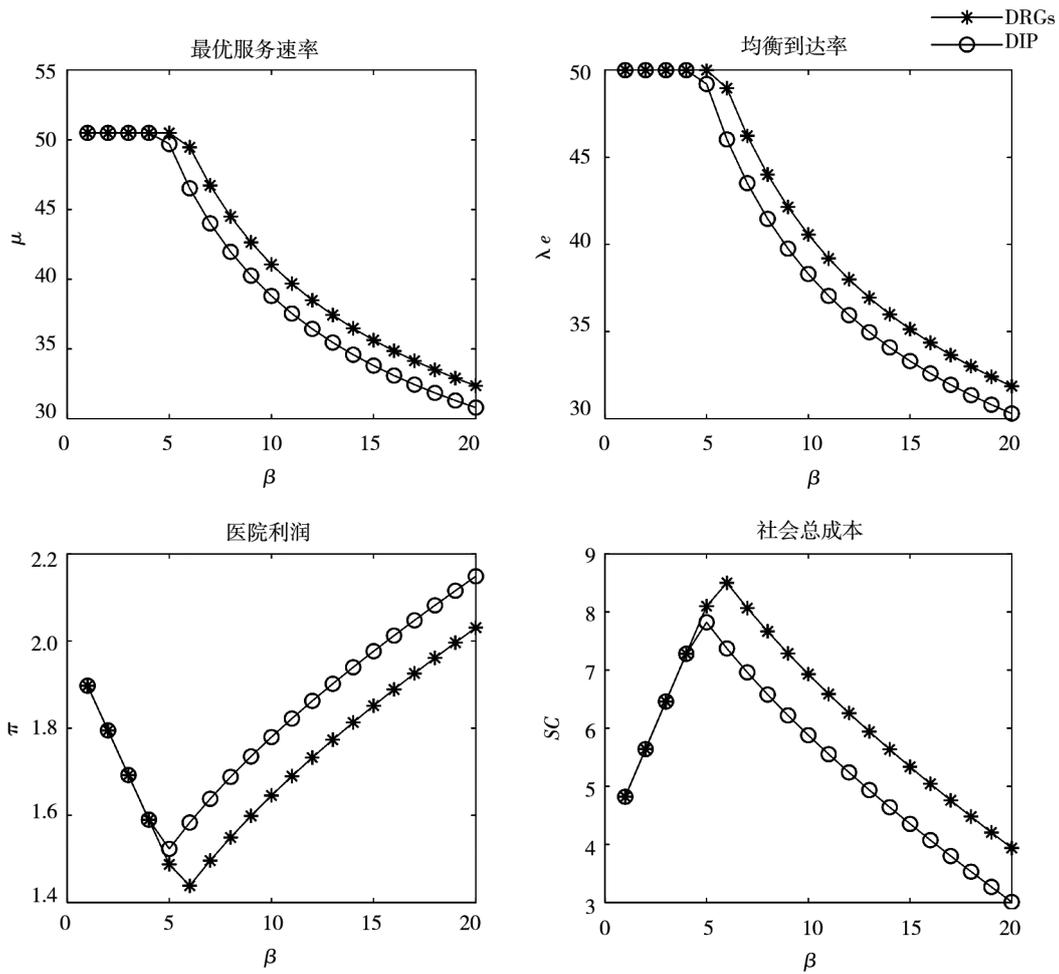


图3 服务成本系数 β 对系统性能的影响

Fig. 3 The impact of cost coefficient β on system performance

从图3可以看出,当服务成本系数 β 较小时,两种支付方式下的最优服务速率相等,且随着 β 的增加,最优服务速率都保持不变.当 β 超过某个阈值时(DIP的阈值为 $\beta = 4$,DRGs的阈值为 $\beta = 6$),最优服务速率随着 β 的增加而降低,且DIP下的最优服务速率总是比DRGs下的最优服务速率低.医院服务的病人总数的变化趋势与最优服务速率的变化趋势一致.这是因为当 β 较小时,因服务速率过快增加的医疗成本较少,医院可以为所有的病人提供服务,但当 β 较大时,服务速率过快会导致医疗成本的快速增加,医院不能为所有病人提供服务,只能降低服务速率来控制医疗成本.

另外,医院利润随着 β 的增加先减小后增大,而社会总成本随着 β 的增加先增大后减小,且只

有当 β 较大时,DIP下的医院利润更高、社会总成本更小.这是因为当 β 较小时(如:DIP下的 $\beta \leq 4$),随着 β 的增加,医院的服务速率和服务的病人总数都不变,但医疗成本增加,故医院利润减少、社会总成本增加;当 β 较大(如:DIP下的 $\beta > 4$),随着 β 的增加,医疗成本增加,但医院服务速率和服务病人总数减少也能降低医疗成本,此时两项作用共同导致:当 $4 < \beta < 5$ 时,医院利润随 β 的增加而减少,社会总成本随 β 的增加而增加;当 $\beta \geq 5$ 时,医院利润随 β 的增加而增加,社会总成本随 β 的增加而减少.只有当服务成本系数 β 较大时,DIP通过降低服务速率来降低医疗成本的效果才更明显,该发现说明当病人再入院的医疗费用较高时,更适合采用按病种分值付费,该支付方式能够很好地控制医疗成本.

5 结束语

本研究主要对比分析了 n 家同质医院在两种不同的医保支付方式 (DRGs 和 DIP) 下的最优服务速率决策问题, 考虑了 M/M/1 的排队系统和随服务速率单调递增的成本函数 (间接刻画服务速率与质量之间的权衡作用), 目的是探讨这两种支付方式的内在作用机理及其性能表现, 以期为医保局和医院的运营决策提供理论指导. 最终的结果表明: DIP 支付方式下的服务速率总是不大于 DRGs, 服务的病人数量也不多于 DRGs, 但利润却更大. 这是因为当医疗总预算相同的情况下, DIP 下的医院不仅可以决定自身的服务速率, 还可以间接决定每个病人的单价 (费率), 相较于

DRGs 而言, 有更大的决策空间. 医院间不会盲目地进行预算竞争, 相反存在某种合谋的作用, 使得医院能以更小的成本获得与 DRGs 相同的收益, 最终导致医院在 DIP 下的利润更大. 但对医保局而言, 还需保障病人的收益, 发现当患者损失的成本较大, DRGs 能使社会更优; 当患者损失的成本较小时, DIP 能使社会更优, 此时 DIP 还能使医院利润更大, DIP 是帕累托改进策略. 另外, 只有当医院数量适中且服务成本系数较大时, DIP 的优势才更明显, 医保局在制定支付方式时, 需根据具体情况制定.

本研究考虑 n 家同质医院分别面向独立的市场, 如果考虑市场细分或者 n 家异质医院的服务速率决策问题, 结果是否会发生改变? 本研究将这两个拓展放入未来的研究中.

参考文献:

- [1] 卫生部. 中国卫生统计年鉴(2009年)[M]. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2009.
Ministry of Health. China Health Statistics Yearbook (2009)[M]. Beijing: Peking Union Medical College Press, 2009. (in Chinese)
- [2] 国家卫生健康委员会. 中国卫生健康统计年鉴(2018年)[M]. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2018.
National Health Commission. China Health Statistics Yearbook (2018)[M]. Beijing: Peking Union Medical College Press, 2018. (in Chinese)
- [3] 李敏强, 彭颖, 程明, 等. 国外 DRGs 定价与支付体系对我国医保支付方式改革启示[J]. 中国医院, 2021, 25(1): 58-61.
Li Minqiang, Peng Ying, Cheng Ming, et al. The enlightenment of foreign DRGs pricing and payment system to the reform of my country's medical insurance payment method[J]. Chinese Hospital, 2021, 25(1): 58-61. (in Chinese)
- [4] 费晨, 余鹏, 费为银, 等. 道德风险下带有 Knight 不确定的最优动态契约设计[J]. 管理科学学报, 2019, 22(6): 86-96.
Fei Chen, Yu Peng, Fei Weiyin, et al. Optimal dynamic contract design with Knight uncertainty under moral hazard[J]. Journal of Management Sciences in China, 2019, 22(6): 86-96. (in Chinese)
- [5] 于良春, 李丽. 医疗费用预付制及其政策启示[J]. 经济学动态, 2006, (2): 110-113.
Yu Liangchun, Li Li. Medical expenses prepayment system and its policy enlightenment[J]. Economic Developments, 2006, (2): 110-113. (in Chinese)
- [6] 王坚强, 王奕婷. DRG 医保支付方式改革对医疗行为的影响[J]. 湖南社会学, 2021, (1): 133-139.
Wang Jianqiang, Wang Yiting. The impact of DRG medical insurance payment method reform on medical behavior[J]. Hunan Sociology, 2021, (1): 133-139. (in Chinese)
- [7] 李军山, 江可申, 陈和利. 社会医疗保险付费方式的博弈分析[J]. 系统工程理论与实践, 2008, (11): 36-42.
Li Junshan, Jiang Keshen, Chen Heli. Game analysis of social medical insurance payment methods[J]. System Engineering: Theory and Practice, 2008, (11): 36-42. (in Chinese)
- [8] Cui S L, Veeraraghavan S. Blind queues: The impact of consumer beliefs on revenues and congestion[J]. Management Science, 2016, 62(12): 3656-3672.
- [9] 赵卫东, 李旗号, 盛昭翰. 基于案例推理的决策问题求解研究[J]. 管理科学学报, 2000, 3(4): 29-36.

- Zhao Weidong, Li Qihao, Sheng Zhaohan. Decision problem solution based on case-based reasoning[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2000, 3(4): 29–36. (in Chinese)
- [10] 王文娟, 王季冬. 过度医疗与转诊制: 一个排队论下的博弈模型[J]. *管理科学学报*, 2019, 22(2): 63–76.
Wang Wenjuan, Wang Jidong. Excessive medical treatment and referral system: A game model based on queuing theory [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2019, 22(2): 63–76. (in Chinese)
- [11] 刘作仪. 2011 年我国管理科学青年学者取得的巨大成就[J]. *管理科学学报*, 2011, 14(9): 86–90.
Liu Zuoyi. Achievements in management sciences of Chinese young scholars in 2011[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2011, 14(9): 86–90. (in Chinese)
- [12] 陈 妍, 周文慧, 华中生, 等. 面向延时敏感患者的转诊系统定价与能力规划[J]. *管理科学学报*, 2015, 18(4): 73–83.
Chen Yan, Zhou Wenhui, Hua Zhongsheng, et al. Pricing and capacity planning of referral system for delay-sensitive patients[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2015, 18(4): 73–83. (in Chinese)
- [13] 高 杰, 樊慧荣, 李萧萧. 信息不对称下医药营销服务外包契约设计[J]. *管理科学学报*, 2020, 23(8): 109–126.
Gao Jie, Fan Huirong, Li Xiaoxiao. Medical marketing service outsourcing contract design under asymmetric information [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2020, 23(8): 109–126. (in Chinese)
- [14] 金晓玲, 周中允, 尹梦杰, 等. 在线用户点赞与评论行为的产生机理差异研究——以医疗健康类企业微信公众号为例[J]. *管理科学学报*, 2021, 24(4): 54–68.
Jin Xiaoling, Zhou Zhongyun, Yin Mengjie, et al. Research on the differences in the mechanism of online users' like and comment behaviors: Taking the WeChat official account of medical and health enterprises as an example[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2021, 24(4): 54–68. (in Chinese)
- [15] 杜少甫, 谢金贵, 刘作仪. 医疗运作管理: 新兴研究热点及其进展[J]. *管理科学学报*, 2013, 16(8): 1–19.
Du Shaofu, Xie Jingui, Liu Zuoyi. Medical operation management: Emerging research hotspots and progress[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2013, 16(8): 1–19. (in Chinese)
- [16] Anand K S, Paç M F, Veeraraghavan S. Quality-speed conundrum: Trade-offs in customer-intensive services[J]. *Management Science*, 2011, 57(1): 40–56.
- [17] Wang X, Wu Q, Lai G, et al. Offering discretionary healthcare services with medical consumption[J]. *Production and Operations Management*, 2019, 28(9): 2291–2304.
- [18] Adida E, Mamani H, Nassiri S. Bundled payment vs. fee-for-service: Impact of payment scheme on performance[J]. *Management Science*, 2017, 63(5): 1606–1624.
- [19] Adida E, Bravo F. Contracts for healthcare referral services: Coordination via outcome-based penalty contracts[J]. *Management Science*, 2019, 65(3): 1322–1341.
- [20] Guo P, Tang C S, Wang Y, et al. The impact of reimbursement policy on social welfare, revisit rate, and waiting time in a public healthcare system: Fee-for-service versus bundled payment[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2019, 21(1): 154–170.
- [21] Jiang H, Pang Z, Savin S. Performance-based contracts for outpatient medical services[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2012, 2(14): 654–669.
- [22] Liu X, Cai X, Zhao R. Mutual referral policy for coordinating health care systems of different scales[J]. *International Journal of Production Research*, 2015, 53(24): 7411–7433.
- [23] Andritsos D A, Tang C S. Incentive programs for reducing readmission when patient care is co-produced[J]. *Production and Operations Management*, 2018, 27(6): 999–1020.
- [24] Qu Q, Guo P, Lindsey R. Comparison of subsidy schemes for reducing waiting times in healthcare systems[J]. *Production and Operations Management*, 2017, 26(11): 2033–2049.
- [25] Goldfield N. The evolution of diagnosis-related groups (DRGs): From its beginnings in case-mix and resource use theory, to its implementation for payment and now for its current utilization for quality within and outside the hospital[J]. *Quality Management in Healthcare*, 2010, 19(1): 3–16.
- [26] Zhang Z R, Mi J Q, Gu L J, et al. Using sound clinical paths and diagnosis-related groups (DRGs)-based payment reform to

- bring benefits to patient care: A case study of leukemia therapy[J]. *Frontiers of Medicine in China*, 2010, 4(1): 8–15.
- [27] Meng Z, Hui W, Cai Y, et al. The effects of DRGs-based payment compared with cost-based payment on inpatient health-care utilization: A systematic review and meta-analysis[J]. *Health Policy*, 2020, 124(4): 359–367.
- [28] 姜丽萍, 蔡嘉敏, 刘晓童. 按病种分值付费(DIP)相关影响因素分析及中医院管理对策[J]. *按摩与康复医学*, 2021, 12(16): 92–94.
- Jiang Liping, Cai Jiamin, Liu Xiaotong. Analysis of related influencing factors of DIP and management strategies of traditional Chinese medicine hospitals[J]. *Chinese Journal of Massage and Rehabilitation Medicine*, 2021, 12(16): 92–94. (in Chinese)
- [29] 冯芳龄, 胡希家, 徐芸. DRG 与 DIP 助力公立医院高质量发展的政策内涵及改革实践——“DRG 及公立医院高质量发展研讨会”综述[J]. *卫生经济研究*, 2021, (8): 35–38.
- Feng Fangling, Hu Xijia, Xu Yun. The policy connotation and reform practice of DRG and DIP to promote the high-quality development of public hospitals: A summary of “DRG and the high-quality development of public hospitals”[J]. *Health Economics Research*, 2021, (8): 35–38. (in Chinese)
- [30] 于保荣. DRG 与 DIP 的改革实践及发展内涵[J]. *卫生经济研究*, 2021, 38(1): 4–9.
- Yu Baorong. The reform practice and development connotation of DRG and DIP[J]. *Health Economics Research*, 2021, 38(1): 4–9. (in Chinese)
- [31] Hong C, Wan Y. Capacity competition of make-to-order firms[J]. *IIE Transactions*, 2003, 35(9): 817–832.
- [32] Savva N, Tezcan T, Yıldız Ö. Can yardstick competition reduce waiting times? [J]. *Management Science*, 2019, 65(7): 3196–3215.
- [33] Arifolu K, Ren H, Tezcan T. Hospital readmissions reduction program does not provide the right incentives: Issues and remedies[J]. *Management Science*, 2020, 67(4): 1993–2656.

DRGs vs. DIP: From the perspective of hospital operations management

GAN Yan-hong¹, ZHOU Wen-hui¹, CHEN Yan^{2, 3*}

1. School of Business Administration, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China;
2. School of Advanced Interdisciplinary Studies, Hunan University of Technology and Business, Changsha 410205, China;
3. Changsha Social Laboratory of Artificial Intelligence, Changsha 410205, China

Abstract: The packaged payment will have a significant impact on the daily operation of hospitals since it motivates hospitals to pay more attention to cost control by transferring the responsibility of controlling medical expenses to doctors and hospitals. This paper mainly studies two payment methods, namely, DRGs and DIP. By constructing a queuing-based game model, the service rate competition between multiple homogeneous hospitals is studied under these two payments and medical quality, hospitals' profit and social welfare are compared under the same medical budgets. In addition, the impacts of the number of hospitals and service cost coefficients on the system performance are studied with a numerical case. The paper finds that, compared with DRGs, the service rate is relatively lower, the number of patients served is relatively small, but hospitals' profit is greater under DIP. Second, from the perspective of payer, DRGs is better when the cost of patient loss is higher; otherwise, DIP is better and is a Pareto improvement strategy. Third, the advantages of DIP are more obvious when the number of hospitals is moderate and the service cost coefficient is large.

Key words: medical payment methods; DRGs; DIP; hospital operations management; queuing game