

基于演化博弈的医患群体诊疗行为研究

沈秀阳¹, 李博文^{1*}, 葛东¹

1. 辽宁科技大学工商管理学院, 辽宁鞍山

DOI:10.62836/medicine.v3i1.1044

摘要: 近年来, 医患冲突事件在多地出现, 反映出诊疗互动中信息不对称与信任不足等深层矛盾。为刻画医患双方在诊疗方案选择中的行为演化, 本文基于演化博弈理论, 引入患者对医生的心理认同度, 构建了医生与患者二者间关于诊疗方案选择的演化博弈模型。通过对模型的求解与分析, 探究了不同情境下医生与患者的演化稳定性策略, 找出能够实现良性互动的最优策略。本文的研究能够为优化医患群体的诊疗行为、降低医患信任危机提供一定的理论依据与决策参考。

关键词: 诊疗行为; 演化博弈; 医患群体

Research on Clinical Behaviors of Doctor-Patient Groups Based on Evolutionary Game Theory

Xiuyang Shen¹, Bowen Li^{1*}, Dong Ge¹

1. School of Business Administration, University of Science and Technology Liaoning, Liaoning, Anshan

Abstract: Although medical reforms have significantly expanded service accessibility, they have yet to fully dissolve the entrenched distrust between physicians and patients, often exacerbated by acute information asymmetry. To untangle the complex behavioral logic governing clinical decisions, this research departs from static analysis by anchoring “patient psychological identity” within an evolutionary game-theoretic landscape. We delineate the strategic interplay between treatment prescription and patient compliance, formalizing the decision-making process into a replicator dynamic model. By scrutinizing the stability of strategies across shifting clinical contexts, we identify the equilibrium conditions necessary to catalyze a shift from adversarial to cooperative interaction. Our analysis yields actionable insights into restructuring physician incentives and rehabilitating trust—a prerequisite for the sustainable governance of modern healthcare systems.

Keywords: Clinical behavior; Evolutionary game theory; Doctor-patient groups

*基金项目: 辽宁省社会科学规划基金项目 (L25BGL027)。

通讯作者: 李博文, 男, 辽宁科技大学工商管理学院, 讲师, 多主体决策行为研究。

1 引言

医疗服务需求在持续增长的同时，诊疗过程中的医患矛盾也日益凸显，这已经成为当前社会关注的热点问题。在诊疗过程中，医生凭借着自身的专业知识，掌握着相对较高的技术话语权；患者对于自身病情的未知，使得其往往处于信息弱势的地位。因此诊疗方案的制定主要由医生主导，患者配合。这使得医生与患者在决策时面临着不同的选择。

医生的决策行为是：过度诊疗和适度诊疗，这两种不同的决策行为直接关系到其绩效收益、职业风险以及声誉等。患者的决策行为是：接受医生的诊疗方案和不接受医生的诊疗方案，这两种不同的决策行为直接影响到患者承担的经济压力与健康收益等。部分医生为了自身的利益往往会选择增加检测项目或使用高价药品等方式，从而选择过度诊疗行为。患者在面临高昂费用压力时，则可能拒绝治疗甚至延误病情；也有可能出于对医生的信任，被迫接受来自于医生的过度诊疗方案。

如果医患群体在诊疗过程中的决策行为得不到有效的约束，极易诱发医患关系的整体性恶化，甚至激化为激烈的社会冲突。这不仅会导致医疗资源的低效配置与严重浪费，更会显著推升医院的运营管理难度与政府的社会治理成本。正是基于上述背景，探究诊疗过程中医患双方的行为逻辑显得尤为重要。

近年来，学者们利用多种理论模型对医患群体的决策行为进行了深入研究，演化博弈理论作为主要方法被广泛应用。Ye[1]等人通过对比实验，分析正向、中性和负向三种反馈模式下的医患关系对医患群体二者决策行为的影响。演化博弈理论在医患群体行为研究中的应用已经取得了一定的进展，Smith J M, Price G R. [2] 首次提出演化稳定性策略（ESS），该概念为理解医患群体如何在不同决策行为中找到稳定的行为提供了理论框架。苏强[3]等人通过构建双重信息不对称下的医患信任演化博弈模型，进一步分析了不对称信息在医患决策中的作用。李超然[4]等人利用演化博弈模型对医患

双方合作与否的决策行为展开研究。Song[5]等人考虑到政府的监管作用，构建政府监管下的医患群体决策行为的演化博弈模型。管欣[6]等人利用演化博弈模型对医院是否规范执业和患者是否医闹的决策行为展开研究。基于前人的相关研究，本文利用演化博弈理论，构建医生和患者在诊疗过程中的演化博弈模型，分析医生与患者行为选择的演化稳定策略，以期降低过度诊疗发生率、缓解医患矛盾提供理论依据和决策参考。

2 基本假设

与医患群体诊疗行为有关的主要参与主体为：医生和患者。在面对诊疗行为时，二者的博弈策略可以分为（适度诊疗，接受）、（过度诊疗，接受）、（适度诊疗，不接受）、（过度诊疗，不接受）。

对本次演化博弈模型做出如下假设：

（1）医生选择适度诊疗的概率为 $x(0 \leq x \leq 1)$ ，患者选择接受医生提供的诊疗方案的概率为 $y(0 \leq y \leq 1)$ ， x 与 y 的取值随时间 t 的变化而变化。

（2）将患者对医生的信任程度应用到模型的构建中，设患者对医生的信任程度 $a(0 < a < 1)$ 为。（注：患者对医生的信任程度的取值不会取到0和1，若取值为0则意味着完全不信任；若取值为1则患者对医生处于绝对信任的状态，这两种情况在现实中均不存在。）

（3）医生选择适度诊疗时的收益（如：挂号费、绩效等）是 R_1 ，付出的成本（如：时间、精力等）是 C_1 ；医生选择过度诊疗时的额外收益（如：灰色收入、提成等）是 R_2 ，付出的额外成本（如：额外的操作成本等）是 C_2 ；当医生过度诊疗被发现后的潜在处罚总量（如：罚款、声誉损失等）是 F 。

（4）患者选择接受医生的诊疗方案时，会获得 U_1 的收益，即治愈带来的价值；同时也会付出 P_1 的基础诊疗费用，当患者接受是医生的过度诊疗方案时，患者会付出 L 的额外费用。当患者拒绝医生的诊疗方案时，会付出 C_3 损失，即病情延误风险、转诊找新医生的交通与时间成本。

(5) 以上参数均大于0, 其中 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 < \alpha < 1$ 。

3 模型构建

表1 医生与患者间两方博弈收益矩阵

		患者	
		接受	不接受
医生	适度诊疗	$(R_1 - C_1, U_1 - P_1)$	$(-C_1, -C_3)$
	过度诊疗	$(R_1, R_1 - C_1 - C_2 - (1 - \alpha)F, U_1 - P_1 - L)$	$(-C_1 - C_2, -C_3)$

结合表1的收益矩阵, 设医生选择适度诊疗的期望收益为 U_{d1} , 选择过度诊疗的期望收益为 U_{d2} , 平均收益为 \bar{U}_d , 则 U_{d1} , U_{d2} , \bar{U}_d 分别为:

$$U_{d1} = y(R_1 - C_1) + (1 - y)(-C_1) = yR_1 - C_1 \quad (1)$$

$$U_{d2} = y[R_1 + R_2 - C_1 - C_2 - (1 - \alpha)F] + (1 - y)(-C_1 - C_2) = y[R_1 + R_2 - (1 - \alpha)F] - C_1 - C_2 \quad (2)$$

$$\bar{U}_d = xU_{d1} + (1 - x)U_{d2} \quad (3)$$

因此, 医生选择适度诊疗策略的复制动态方程为:

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(U_{d1} - \bar{U}_d) = x(1 - x)(U_{d1} - U_{d2}) = x(1 - x)[C_2 - yR_2 + y(1 - \alpha)F] \quad (4)$$

同理, 患者选择接受医生诊疗方案策略的复制动态方程为:

$$F(y) = \frac{dy}{dt} = y(1 - y)(U_1 - P_1 + C_3 - L + xL) \quad (5)$$

由公式和公式构成的医院与医生间复制动态系统为:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = x(1 - x)[C_2 - yR_2 + y(1 - \alpha)F] \\ \frac{dy}{dt} = y(1 - y)(U_1 - P_1 + C_3 - L + xL) \end{cases} \quad (6)$$

令 $\frac{dx}{dt} = \frac{dy}{dt} = 0$, 得到以下五个演化博弈均衡点: $P_1(0, 0)$, $P_2(0, 1)$, $P_3(1, 0)$, $P_4(1, 1)$, $P_5(x^*, y^*)$ ($x^* = \frac{L - U_1 + P_1 - C_3}{L}$, $y^* = \frac{C_2}{R_2 - (1 - \alpha)F}$)。

利用雅可比矩阵局部稳定性可以对以上五个复制动态均衡点的稳定性做分析, 通过对 $F(x)$ 与 $F(y)$ 求偏导, 可得雅可比矩阵为:

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial F(x)}{\partial x} & \frac{\partial F(x)}{\partial y} \\ \frac{\partial F(y)}{\partial x} & \frac{\partial F(y)}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (7)$$

其中,

$$\begin{cases} \frac{\partial F(x)}{\partial x} = (1 - 2x)[C_2 - yR_2 + y(1 - \alpha)F] \\ \frac{\partial F(x)}{\partial y} = x(x - 1)[-R_2 + (1 - \alpha)F] \\ \frac{\partial F(y)}{\partial x} = y(y - 1)L \\ \frac{\partial F(y)}{\partial y} = (1 - 2y)(U_1 - P_1 + C_3 - L + xL) \end{cases} \quad (8)$$

基于(7)(8)式可知, 矩阵 J 的行列式和迹分别为:

$$\det J = (1 - 2x)[C_2 - yR_2 + y(1 - \alpha)F](1 - 2y)(U_1 - P_1 + C_3 - L + xL) - x(x - 1)[-R_2 + (1 - \alpha)F]y(y - 1)L \quad (9)$$

$$\text{tr} J = (1 - 2x)[C_2 - yR_2 + y(1 - \alpha)F] + (1 - 2y)(U_1 - P_1 + C_3 - L + xL) \quad (10)$$

将系统均衡点 $P_1(0, 0)$, $P_2(0, 1)$, $P_3(1, 0)$, $P_4(1, 1)$, $P_5(x^*, y^*)$ 带入矩阵行列式和迹的表达式中, 如下表2所示:

根据演化博弈理论相关知识可知, 只有同时满足雅可比矩阵的行列式 $\det J > 0$ 和迹 $\text{tr} J < 0$ 时, 系统才会逐渐处于稳定状态。由表2可知, 均衡点 $P_5(x^*, y^*)$ 的迹 $\text{tr} J = 0$, 说明均衡点 $P_5(x^*, y^*)$ 无论在

表2 各均衡点矩阵行列式和迹的表达式

均衡点	$\det J$	$\text{tr} J$
$P_1(0, 0)$	$C_2(U_1 - P_1 + C_3 - L)$	$C_2 + (U_1 - P_1 + C_3 - L)$
$P_2(0, 1)$	$[C_2 - R_2 + (1 - \alpha)F](-U_1 + P_1 - C_3 + L)$	$[C_2 - R_2 + (1 - \alpha)F] - (U_1 - P_1 + C_3 - L)$
$P_3(1, 0)$	$-C_2(U_1 - P_1 + C_3)$	$-C_2 + (U_1 - P_1 + C_3)$
$P_4(1, 1)$	$[C_2 - R_2 + (1 - \alpha)F](U_1 - P_1 + C_3)$	$-[C_2 - R_2 + (1 - \alpha)F] - (U_1 - P_1 + C_3)$
$P_5(x^*, y^*)$	-	0

何种情况下都不是系统的演化稳定性策略，不予考虑。其余四个均衡点中，最理想的均衡点是 $P_4(1,1)$ ，即患者会接受医生提供的适度诊疗方案。

我们只讨论最理想情形，即均衡点 $P_4(1,1)$ 是系统的演化稳定性策略：

若要满足均衡点 $P_4(1,1)$ 是系统的演化稳定性策略，即均衡点 $P_4(1,1)$ 的行列式 $detJ > 0$ 且迹 $trJ < 0$ ，只有满足 $C_2 - R_2 + (1-a)F > 0$ 且 $U_1 - P_1 + C_3 > 0$ 这一条件，即当监管力度极大使得违规得不偿失，且医疗服务性价比较高时，系统才会逐渐处于稳定状态。这表明在此等条件下，随着时间的变化医生会逐渐选择适度诊疗，患者会逐渐选择接受医生提供的诊疗方案。考虑到实际情况，最有利于社会稳定的策略就是，医生选择适度诊疗的策略，患者选择接受的策略。

4 结论

本文采用演化博弈理论，通过构建医生和患者二者间有关诊疗行为的演化博弈模型，对诊疗过程中双方的决策行为展开研究。基于对模型的求解与分析，得到的主要结论和启示如下。

只有当医生过度诊疗所面临的潜在惩罚与操作成本之和，超过其获取的额外收益时，即 $C_2 + (1-a)F > R_2$ ，医生才会自发转向适度诊疗。无论医生群体的初始策略是多少，最终都会选择适度诊疗这一决策行为，此时患者也会选择接受方案，从而达成医患双方的最优解。

为有效遏制医生的过度医疗行为，医院及监

管部门应优化医生绩效考核方案，降低绩效中的药占比，从源头上降低医生追逐额外收益的行为。同时也要构建独立的第三方监管机制。通过大数据的监控与审核，确保即使在患者高度信任医生的情况下，医生的违规行为仍面临高额的处罚风险。应构建医生个人声誉评价共同体，通过行业通报等方式，提高医生的隐性声誉成本。当消极的过度诊疗带来的声誉折损和惩罚远大于其节省的操作成本时，医患关系将步入互信共赢的良性轨道。

参考文献

- [1] Z. Ye, J. Pang, W. Ding, et al. Chinese patients' response to doctor-patient relationship stimuli: evidence from an event-related potential study [J]. BMC psychology, 2022, 10(1): 253.
- [2] J. M. Smith, G. R. Price. The Logic of Animal Conflict [J]. Nature, 1973, 246(5427): 15-18.
- [3] 苏强,季荔.考虑双重信息不对称及互动二元性的医患信任机制[J].同济大学学报(自然科学版),2024,52(11):1803-1812.
- [4] 李超然,刘举胜,宋美,等.演化博弈视角下的医患关系分析及对策研究[J].复杂系统与复杂性科学,2022,19(03):44-54.
- [5] L. Song, Z. L. Yu, J. T. Fang, et al. Evolutionary game theory and simulations based on doctor and patient medical malpractice under government regulation [J]. Scientific Reports, 2023, 13(1).
- [6] 管欣,张哲薇,陈张蕾,等.政府规制下的医患纠纷演化博弈模型[J].系统工程理论与实践,2019,39(12):3151-3162.

