

引用格式: 王雨雯, 唐娴, 尹钰恒, 等. 慢性乙肝患者就诊行为模式与疾病进展态势间的关联分析 [J]. 电子科技大学学报, 2025, 54(4): 626-633.  
WANG Y W, TANG X, YIN Y H, et al. Association analysis between the visiting behavior patterns and disease progression dynamics of patients with chronic hepatitis B [J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 2025, 54(4): 626-633.

## 慢性乙肝患者就诊行为模式与疾病进展 态势间的关联分析



王雨雯<sup>1</sup>, 唐 娴<sup>1</sup>, 尹钰恒<sup>1</sup>, 杨 春<sup>2</sup>, 王 伟<sup>1\*</sup>, 周 涛<sup>3</sup>

(1. 重庆医科大学公共卫生学院, 重庆 400016; 2. 重庆医科大学附属第一医院 感染科, 重庆 400042;  
3. 电子科技大学 大数据研究中心, 成都 611731)

**摘要:** 慢性乙型肝炎病毒 (HBV) 感染会导致不同程度的肝脏损害, 患者不良就诊行为模式易导致病情进展。对重庆市 2007—2021 年部分医院共 44 919 名慢性乙肝患者的就诊数据进行研究, 并按照患者既往史, 分为患高血压、肝炎、结核、冠心病、糖尿病 5 种既往史的慢性乙肝患者。根据患者的就诊时间序列, 利用人类行为动力学中间隔时间分布、阵发性和记忆性 3 个重要指标来分析患者就诊行为。结果表明, 不同既往史的慢性乙肝患者人群的就诊行为间隔时间为幂律分布, 且具有强阵发性和弱记忆性。患者就诊行为的阵发性与 HBV 感染相关的不良进展态势有关, 即病情越重, 阵发性越低。从复杂系统的角度理解患者就诊行为, 为进一步探索患者就诊行为模式与疾病不良进展态势之间的关联提供了理论支撑。

**关键词:** 慢性乙型肝炎; 就诊行为; 不良进展; 幂律分布; 人类行为动力学

中图分类号: O231.5; N941.4 文献标志码: A DOI: 10.12178/1001-0548.2024160

## Association analysis between the visiting behavior patterns and disease progression dynamics of patients with chronic hepatitis B

WANG Yuwen<sup>1</sup>, TANG Xian<sup>1</sup>, YIN Yuheng<sup>1</sup>, YANG Chun<sup>2</sup>, WANG Wei<sup>1\*</sup>, and ZHOU Tao<sup>3</sup>

(1. School of Public Health, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China;

2. Department of Infectious Diseases, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400042, China;

3. Big Data Research Center, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China)

**Abstract:** Chronic hepatitis B virus (HBV) infection leads to varying degrees of liver damage, and poor patient visiting behavior patterns predispose to disease progression. The consultation data of a total of 44 919 patients with chronic hepatitis B from some hospitals in Chongqing from 2007 to 2021 were studied and categorized into chronic hepatitis B patients with five previous medical histories: hypertension, hepatitis, tuberculosis, coronary artery disease and diabetes. According to the time series of patients' visits, three important indicators of human behavioral dynamics, namely interval distribution, burstiness and memory, were used to analyze patients' visiting behaviors. The results show that the intervals of visiting behaviors in the population of chronic hepatitis B patients with different past histories are power-law distributed, and have strong burstiness and weak memory. Burstiness of patient visiting behavior is associated with adverse progression dynamics related with HBV infection, i.e., the more severe the disease, the lower the burstiness. Understanding patient visiting behavior from the perspective of complex systems provides theoretical support for further exploring the association between patient visiting behavior patterns and adverse disease progression status.

**Key words:** chronic hepatitis B; visiting behavior; adverse progression; power-law distribution; human behavioral dynamics

慢性乙型肝炎病毒 (hepatitis B virus, HBV) 感染是全球范围内的重要公共卫生问题<sup>[1-2]</sup>。持续

的 HBV 感染会导致不同程度的肝脏损害, 进而引发慢性乙型肝炎 (chronic hepatitis B, CHB)、肝纤

收稿日期: 2024-07-01

基金项目: 重庆医科大学未来医学青年创新项目 (W0150)

作者简介: 王雨雯, 主要从事人类行为动力学和复杂系统科学方面的研究。

\*通信作者 E-mail: wwzqbc@cqmu.edu.cn

维化、肝硬化、肝癌 (hepatocellular carcinoma, HCC) 或死亡等不良进展态势, 给患者带来严重的健康损害和巨大的经济负担<sup>[3]</sup>。世界卫生组织统计, 2019 年全球约有 2.96 亿慢性 HBV 感染者、150 万新发慢性 HBV 感染者、82 万例因乙肝感染相关原因而死亡的患者<sup>[4]</sup>。肝硬化的发病率及死亡率近年来均呈日益增高的趋势, 是目前全球第 11 位最常见的死亡原因<sup>[5-6]</sup>。目前, 中国已在控制 HBV 感染方面取得了重要进展, 但在 CHB 患者的管理和治疗方面仍面临巨大挑战。

根据多项 CHB 防治指南, CHB 患者应定期到医疗机构就诊, 以及时发现病情进展、确定治疗时机、调整治疗方案<sup>[7-9]</sup>。然而各国 CHB 患者的实际就诊情况不容乐观。有研究显示, 中国超过 1/2 的慢性乙肝患者就诊依从性差<sup>[10-11]</sup>。一项希腊的纵向研究发现, 在随访的第一年就有近 60% 的慢性 HBV 感染患者未到医院就诊、复查, 到随访第 5 年, 接受治疗和未接受治疗的患者失访率分别飙升至 67%~70% 和 90%~96%<sup>[12]</sup>。一项越南的关于慢性乙肝患者治疗依从性研究发现, 依从性较低且定期随访不足<sup>[13]</sup>。而在美国的一项研究中, 发现退伍军人的疫苗筛查和接种率较低, 随访也存在不足<sup>[14]</sup>。积极就诊对于提高治疗率、进而控制 HBV 感染相关的不良进展态势的发生至关重要, 因此亟须探究患者就诊行为模式, 挖掘提高就诊依从性的方法。目前针对患者就诊行为开展的研究非常少, 已有的研究主要探讨就诊依从性的影响因素<sup>[15-18]</sup>、干预措施对就诊依从性的影响<sup>[19-21]</sup>, 尚无研究关注患者就诊行为对 HBV 感染相关的不良进展态势的影响。然而已有许多研究表明, 患者就诊行为与疾病不良进展态势密切相关。如吸烟与肺癌、喉癌、主动脉动脉瘤等多种不良健康结局的发生显著相关<sup>[22]</sup>。饮酒会使血压水平和脑卒中发病风险持续增加<sup>[23]</sup>。定期进行乳腺癌筛查可提高乳腺癌早期诊断率、降低病死率<sup>[24]</sup>。提高患者的就诊依从性可能有利于控制其疾病不良进展态势的发生。

根据社会计算领域研究思想, 患者就诊行为模式可通过人类行为动力学方法来量化、分析。人类行为动力学是一个利用客观数据量化地研究人类行为系统规律的新兴的社会科学领域的研究方法, 从系统理论和复杂性科学视角帮助我们深入理解人类行为发生的动机和机制<sup>[25-26]</sup>。从数学角度来看, 人类行为的发生可被视作一个具有特定时间序列的随机过程。在先前开展的研究中, 学者们利用人

类行为动力学方法对邮件通信<sup>[27-30]</sup>、连续访问网址<sup>[31-33]</sup>、电影点播<sup>[34-36]</sup>、网上冲浪<sup>[37-38]</sup> 等行为进行了探究, 发现这些行为在时间维度上偏离了泊松分布特征, 其对应的时间间隔呈现出明显的胖尾分布, 用幂函数可以更好地拟合。

目前缺乏利用人类行为动力学方法对患者就诊的行为模式进行研究, 这是由于两个方面的原因。一方面是由于数据的缺乏, 回顾性数据收集会面临数据难以获取及保存等问题, 而前瞻性数据收集则要等待更长的时间, 因为疾病不良进展通常是一个长期的过程, 有研究表明慢性乙肝进展为肝癌大致需要 10~30 年甚至更久<sup>[39-41]</sup>; 另一方面是由于患者的就诊行为会随着时间不断发生变化。因此, 本研究拟基于 15 年纵向观察数据, 采用人类行为动力学研究方法探索患者的就诊行为模式, 并进一步研究患者就诊行为与 HBV 感染相关的不良进展态势的关联, 以帮助我们更好地理解患者的就诊依从行为对疾病不良进展态势的影响, 为制定促进患者就诊行为的卫生策略及干预手段提供思路, 为实现 WHO “2030 消除乙肝计划” 提供助力<sup>[41]</sup>。

## 1 方法

### 1.1 数据来源和预处理

研究采用了回顾性数据收集的方法, 纳入了 2007 年 1 月—2021 年 12 月期间在重庆市部分医院就诊的 44 919 例 CHB 患者的 937 561 条就诊记录, 包括人口统计学信息、就诊时间、既往史、诊断等资料。对照 CHB 诊断标准<sup>[8]</sup>, 使用各项检测指标结果和 ICD-10 诊断名称及编码共同判定初次就诊及末次就诊疾病状态。被诊断为 CHB、就诊记录  $\geq 3$  次且诊疗资料完整的患者被纳入本研究。本研究已通过重庆医科大学伦理委员会的审查和批准, 批准号为 2023017。

为确保数据的准确性和一致性, 我们对原始数据进行了多步骤的预处理。首先, 对所有患者记录进行了缺失值分析, 删除了缺失关键信息 (如就诊记录、诊断信息) 的记录, 并在可能的情况下应用数据插补方法以保持数据的完整性。其次, 进行了数据清洗, 剔除了重复及异常记录和非 CHB 相关的诊断记录。此外, 对数据进行了标准化处理, 确保所有的诊断、就诊资料都按照统一的标准进行记录和报告。为了更详细地分析患者的既往病史, 将患者进一步分成了 5 个亚组: 高血压 (2 448 例)、肝炎 (7 875 例)、结核 (773 例)、冠心病 (617

例)、糖尿病(1 749 例)。根据就诊目的,将患者进一步分为因肝病就诊及因非肝病就诊 2 组。因肝病就诊的患者有 34 772 例,其中有高血压、肝炎、结核、冠心病、糖尿病既往史的患者分别有 1 310 例、4 903 例、500 例、282 例、1 094 例。因非肝病就诊的患者有 20 649 例,其中有高血压、肝炎、结核、冠心病、糖尿病既往史的患者分别有 1 366 例、5 272 例、498 例、512 例、1 212 例。

## 1.2 CHB 患者就诊行为量化

参考文献 [42] 报告的幂律分布数据分析方法,利用极大似然估计(MLE)计算幂指数 $\gamma$ 。绘制患者就诊次数与就诊间隔时间双对数分布图,斜率为幂指数 $\gamma$ ,其中 $x_{\min}$ 是最小值:

$$\gamma = 1 + n \left[ \sum_{i=1}^n \ln \frac{x_i}{x_{\min}} \right]^{-1} \quad (1)$$

## 2 患者特征、就诊行为及不良进展态势分析

### 2.1 慢性乙肝患者基本特征

本研究共纳入 2007 年 1 月—2021 年 12 月在重庆市部分医院就诊的 44 919 例 CHB 患者,其中 60.6% 为男性。平均年龄为  $49.42 \pm 13.60$  岁,60 岁以上的老年人占比为 19.2%。初次诊断的平均年龄为  $41.23 \pm 13.80$  岁,90.0% 的患者在 60 岁以前确诊

CHB。关于既往病史,5.4% 的患者有高血压病史,17.5% 的患者有肝炎病史,1.7% 的患者有结核病史,1.4% 的患者有冠心病病史,3.9% 的患者有糖尿病病史(表 1)。图 1 展示了有高血压、肝炎、结核、冠心病、糖尿病既往史的 CHB 患者的就诊次数随着年龄的增长而增长。

表 1 慢性乙肝患者基线特征 (N=44 919)

特征	分组	数量 (比例%)
性别	男	27 222 (60.6)
	女	17 697 (39.4)
年龄	$\leq 40$	13 400 (29.8)
	41~60	22 917 (51.0)
	>60	8 602 (19.2)
婚姻状况	未婚	2 048 (4.6)
	已婚	42 695 (95.0)
	离婚及丧偶	176 (0.4)
初诊年龄	$\leq 40$	22 356 (49.8)
	41~60	18 072 (40.2)
高血压既往史	>60	4 491 (10.0)
	有	2 448 (5.4)
肝炎既往史	无	42 471 (94.6)
	有	7 875 (17.5)
结核既往史	有	773 (1.7)
	无	44 146 (98.3)
冠心病既往史	有	617 (1.4)
	无	44 302 (98.6)
糖尿病既往史	有	1 749 (3.9)
	无	43 170 (96.1)

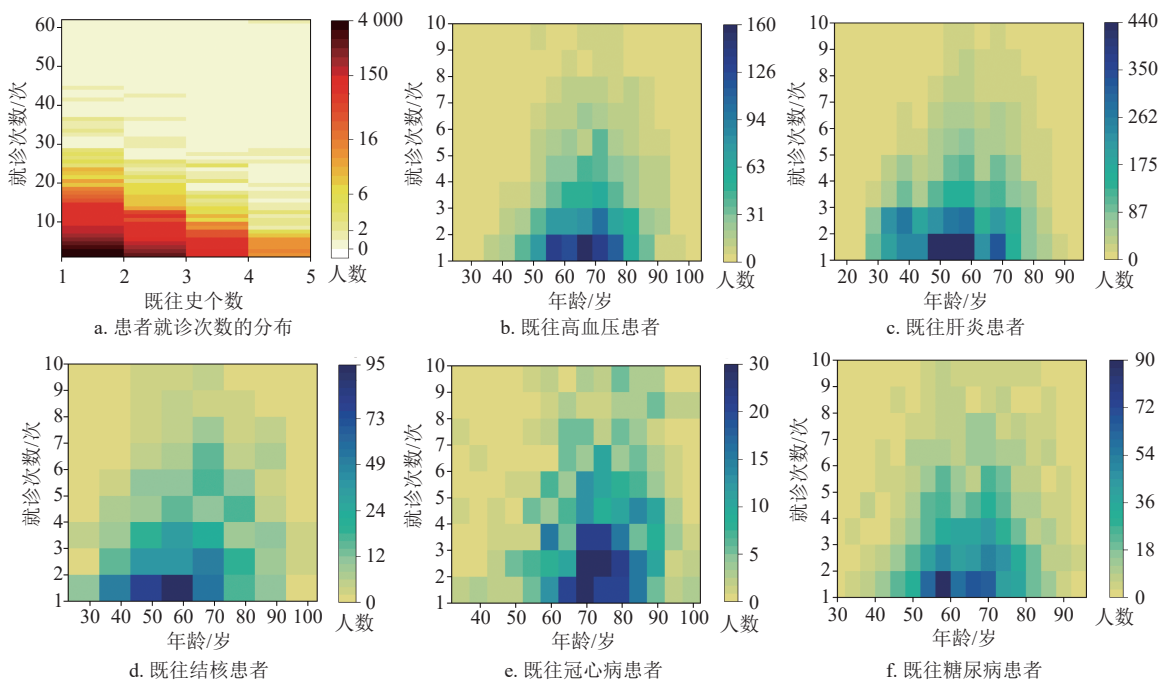


图 1 不同既往病史的慢性乙型肝炎患者的就诊次数分布

## 2.2 慢性乙肝患者就诊行为模式

### 2.2.1 就诊行为定义

为探究慢性乙肝患者就诊行为模式, 利用人类行为动力学方法中的就诊间隔时间分布 $P(\tau)$ 、阵发性( $B$ )、记忆性( $M$ )来量化患者的就诊行为规律。以一例慢性乙肝患者( $i$ )肝病就诊的间隔时间序列为例, 其就诊时间序列记做:  $\rho_i = (v_1, v_2, \dots, v_{i_{\max}})$ , 发现患者( $i$ )的就诊行为的间隔时间分布并不总是均匀

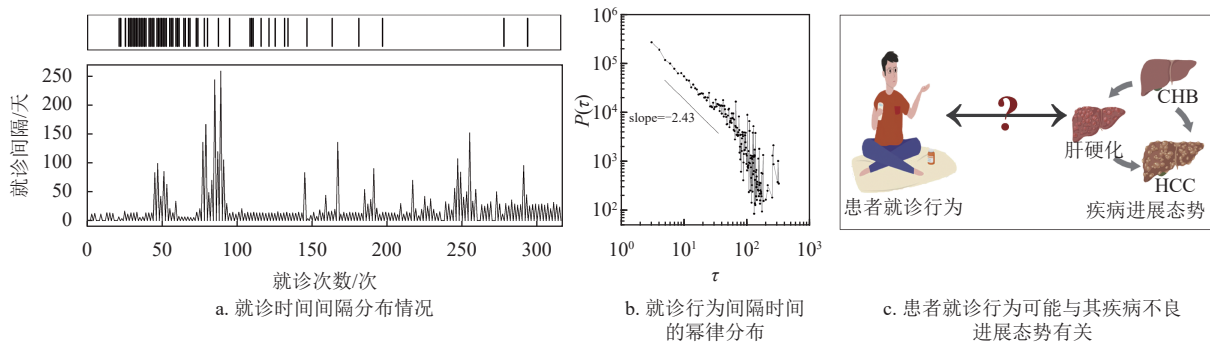


图2 一例慢性乙肝患者就诊行为的间隔时间分布

假设患者就诊间隔时间 $\tau$ 可能是对患者就诊行为的更好和更直观的反应。首先, 引入 $P(\tau)$ 就诊间隔时间分布, 将就诊间隔时间 $\tau$ 定义为连续两次就诊行为之间间隔的天数, 即 $\Delta\tau_i = T_i - T_{i-1}$ , 其中,  $\Delta\tau_i$ 是时间点 $i$ 的间隔时间,  $T_i$ 表示时间点 $i$ 的观测时间。通过计算当前就诊时间点和前一时间点的差值, 可以得到间隔时间的时间序列, 以反映患者就诊行为发生的密度和频率。使用幂函数描述患者就诊间隔时间分布, 即 $P(\tau) \propto \tau^{-\gamma}$ 。幂指数 $\gamma$ 是衡量人类行为发生规律的重要参数, 幂指数 $\gamma$ 估计方法见式(1)。 $\gamma$ 值越小, 间隔时间的范围分布更广, 就诊行为出现得更不均匀, 规律性更弱;  $\gamma$ 值越大, 就诊行为出现得更均匀, 更具有规律性, 表明就诊行为活跃度越高。

阵发性<sup>[43]</sup>用于表示就诊行为是否具有非持续性, 即患者是否经常在短时间内频繁就诊, 之后较长一段时间内很少就诊或不就诊。阵发性被描述为:

$$B = \frac{\sigma_\tau - m_\tau}{\sigma_\tau + m_\tau} \quad (2)$$

式中,  $\sigma_\tau$ 、 $m_\tau$ 分别为就诊间隔时间的标准差和均值;  $B$ 的取值范围为 $-1 \sim 1$ , 越接近1说明阵发性越强。当符合泊松分布时, 均值和标准差相等, 阵发性为0; 当符合严重的胖尾分布, 标准差远大于均

的, 在某些较长的间隔时间内会突然爆发出强烈的行为(图2a)。

患者就诊行为模式的统计特性无法用泊松过程刻画, 而是类似于幂律分布。就诊行为具有很强的非均匀性, 且幂律分布呈现尾部缓慢下降趋势(图2b)。本研究主要关注慢性乙肝患者就诊行为规律与其最典型的不良进展态势(肝硬化和HCC)之间的关联(图2c)。

值,  $B$ 接近1; 对于周期性规则信号, 间隔时间分布实际上是一个狄拉克函数, 标准差为0,  $B$ 值为 $-1$ 。

记忆性<sup>[43]</sup>用于表示就诊行为是否会受到过去就诊行为的影响, 即本次就诊具有较长或较短的间隔时间会分别导致下一次就诊的间隔时间较长或较短。将就诊行为中所有的间隔时间按发生先后排序(即两次相继就诊行为间隔时间的序列), 假设该序列共有 $n_\tau$ 个元素(意味着一共有 $n_\tau + 1$ 个就诊行为发生), 指定前 $n_\tau - 1$ 个元素构成序列1, 后 $n_\tau - 1$ 个元素构成序列2, 用这两个序列的 Pearson 关联来描述就诊行为间隔时间序列的记忆性:

$$M = \frac{1}{n_\tau - 1} \sum_{i=1}^{n_\tau - 1} \frac{(\tau_i - m_1)(\tau_{i+1} - m_2)}{\sigma_1 \sigma_2} \quad (3)$$

式中,  $m_1$ 和 $m_2$ 分别是序列1和序列2的均值;  $\sigma_\tau$ 和 $\sigma_\tau$ 分别是序列1和序列2的标准差;  $\tau_i$ 为连续两次就诊的间隔时间;  $M$ 的取值范围为 $-1 \sim 1$ ,  $M > 0$ 表示两个序列正相关, 在间隔时间特征上呈现正向记忆性;  $M < 0$ 表示两个序列负相关, 在间隔时间特征上呈现负向记忆性。

### 2.2.2 慢性乙肝患者就诊行为模式

将CHB患者的就诊类型分为肝病就诊及非肝病就诊。随着慢性乙肝患者就诊次数的增加, 就诊

间隔呈幂律衰减，患者就诊行为发生的密度及频率是非均匀的。患者就诊行为发生的间隔时间服从幂律分布，且幂指数多分布在2~3之间。在所有患者

和有既往史的患者中均发现，相较于非肝病就诊产生的就诊行为，因肝病就诊产生的就诊行为的幂指数更大，阵发性更弱，就诊的规律性更强（图3）。

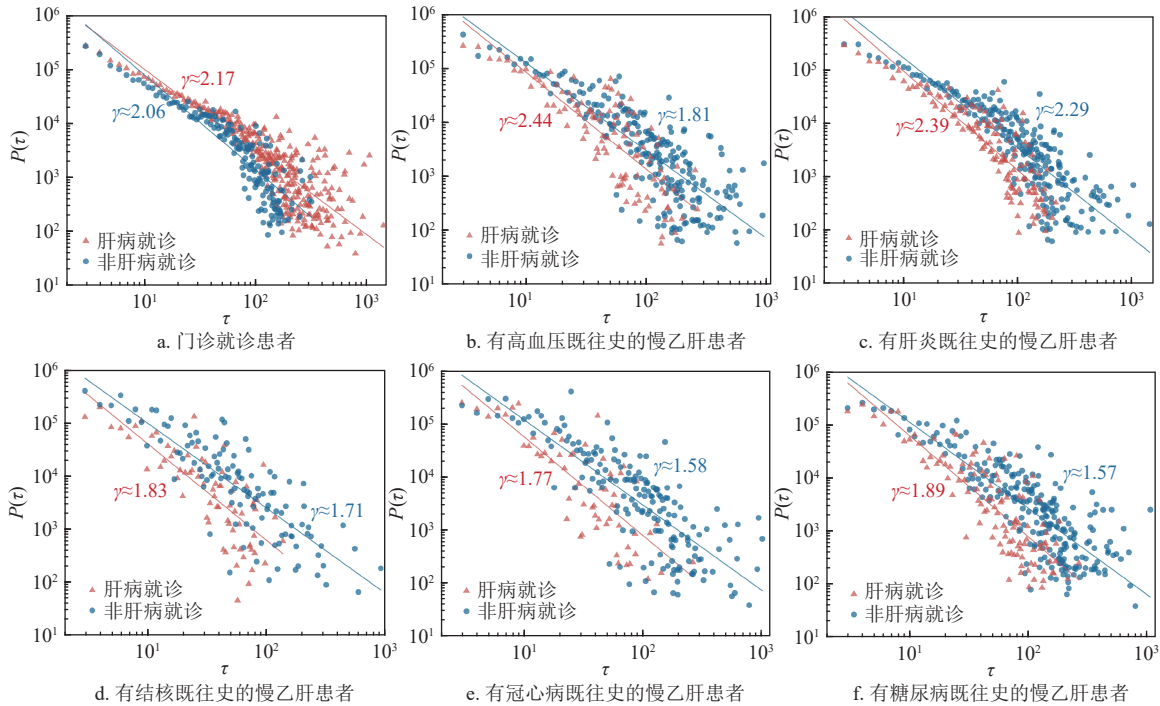


图3 慢性乙肝患者就诊次数（次）与就诊间隔时间（天）的幂律分布

图4进一步展示了因肝病就诊产生的就诊行为的阵发性和记忆性分布情况，刻画了就诊行为发生的时间序列特征。大多数患者聚集在M=0处，并且向阵发性取值范围的两边聚集，表明CHB患者

就诊行为发生的间隔时间具有强阵发性和弱记忆性。这个结果进一步证明了人类就诊行为与其他人类行为一样，不符合泊松分布，具有强烈阵发性和非规律性特征。

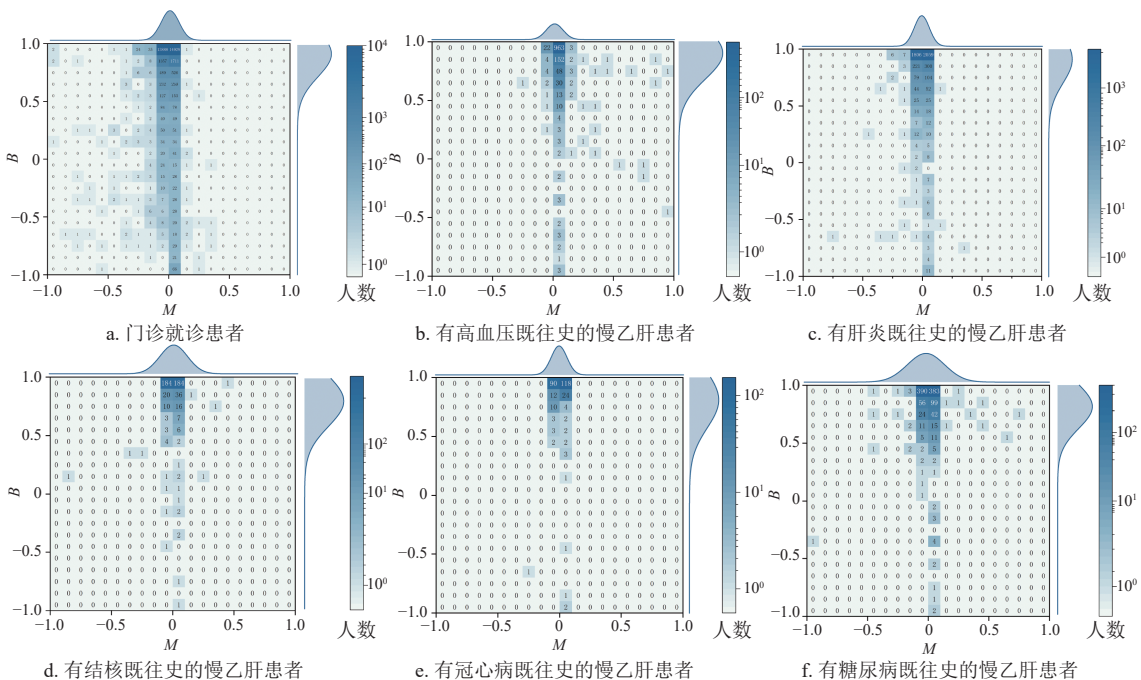


图4 因肝病就诊的慢性乙肝患者的就诊行为M-B图

### 2.3 患者就诊行为的阵发性与 HBV 感染相关的不良进展态势

为找到慢性乙肝进展的3个阶段, 主要使用 ICD-10 疾病编码及名称判定就诊疾病状态并统计各阶段患者人数, 其中, 9 584 例患者被初次诊断为 CHB, 4 060 例患者被初次诊断为肝硬化, 1 295 例患者被初次诊断为 HCC。CHB 进展为肝硬化的患者有 2 796 例, CHB 进展为 HCC 的患者有 1 074 例, 肝硬化进展为 HCC 的患者有 1 118 例。其中图 5a 展示了处于 CHB、肝硬化和 HCC 这3种不

同阶段下的患者的就诊行为的阵发性分布情况。HCC 患者就诊行为的阵发性分布相较肝硬化患者更接近-1, 即 HCC 患者就诊行为阵发性更低。不同阶段的 CHB 患者群体的就诊行为阵发性表现为  $B(\text{HCC}) < B(\text{肝硬化}) < B(\text{CHB})$ 。具体来看, 如图 5b~图 5e 所示, 在从 CHB 进展为肝硬化的患者中观察到阵发性呈下降趋势, 在 CHB 进展为 HCC 的患者中和肝硬化进展为 HCC 的患者中也观察到相同的趋势。当患者发生不良进展态势时, 就诊行为的阵发性越低, 其就诊行为变得更具有规律性。

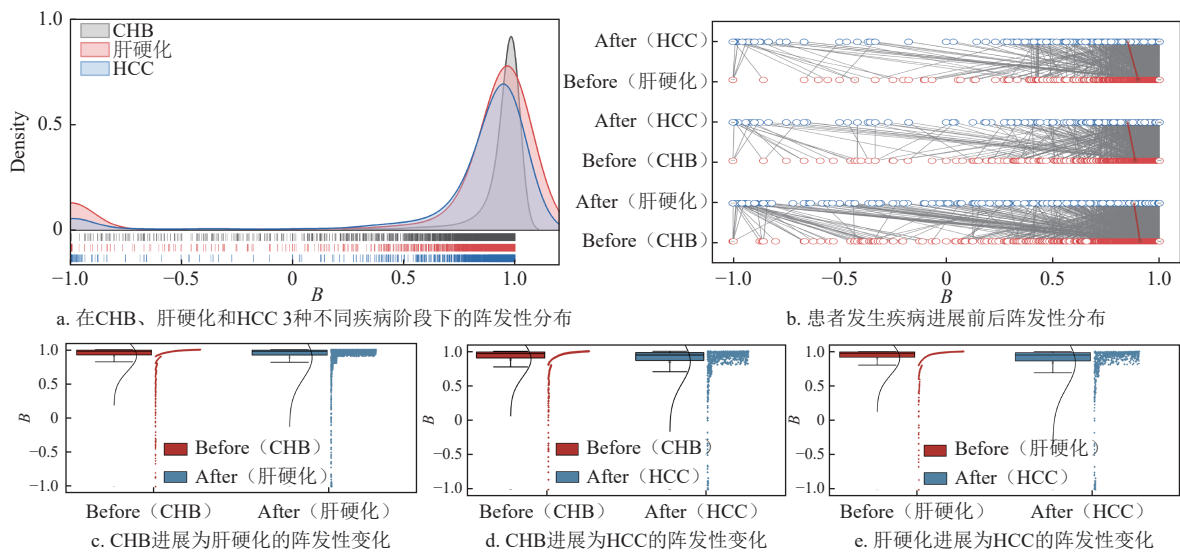


图5 因肝病就诊的慢性乙肝患者就诊行为阵发性分布情况

### 3 结束语

为研究慢性病患者的就诊行为模式, 以慢性乙型肝炎为例, 利用重庆市部分医院的 44 919 例慢性乙肝患者的 937 561 条就诊记录, 采取人类行为动力学方法, 获得慢性乙肝患者就诊间隔时间分布、阵发性及记忆性指标, 并将全体患者分成了多个不同的亚组, 深入探讨了慢性乙肝患者就诊行为特征。不同既往史的慢性乙肝患者人群的就诊行为间隔时间为幂律分布, 且具有强阵发性和弱记忆性。患者就诊行为的阵发性与 HBV 感染相关的不良进展态势有关, 即病情越重, 阵发性越低。因此, 根据幂律分布的特点来预测患者的就诊需求, 对慢性乙肝患者进行分类干预引导, 提出有针对性的诊疗建议, 也许可以提高患者的就诊依从性, 进而及时发现病情进展、确定治疗时机、调整治疗方案。

本研究的创新之处在于: 1) 采用人类行为动力学方法量化了医疗系统中患者的就诊行为, 是两

个研究领域方法的一次交叉尝试。该研究应用幂律分布, 较好地捕捉到患者就诊行为的长尾特征。2) 本研究基于 15 年纵向观察数据开展, 具有很大的样本规模且可以观察到 CHB 患者长期的疾病进展情况。3) 发现良好的就诊依从性可能与 HBV 感染疾病进展的改善存在关联。然而, 需要指出的是, 这项研究仍处于初步阶段, 以下是我们未来需要进一步研究的内容: 1) 本研究采用了回顾性数据收集的方法, 尽管经过清洗, 但仍有可能存在潜在偏倚。而且本研究仅包含重庆市部分医院的电子病例数据, 研究结果不能代表中国其他地区医疗机构的情况。2) 尽管研究探索了患者就诊行为的间隔时间规律, 但未明确考虑和控制其他可能影响就诊行为的因素, 如就诊态度、社会经济因素、医疗服务的可及性等。3) 尽管本研究使用的是纵向数据, 但重点关注的是就诊行为的阵发性与疾病不良进展态势之间的关联, 无法确定因果关系。未来研究可以延长纵向观察时间跨度以深入了解患者的长

期疾病进展情况,跨地域和不同人口群体开展研究,还可以通过干预研究验证患者就诊依从性对疾病控制的作用,同时深入研究其他潜在因果关系,以更全面地理解患者就诊行为对疾病不良进展态势的影响。

### 参考文献

- [1] Centers for Disease Control and Prevention. Global viral hepatitis: Millions of people are affected[EB/OL]. [2024-07-09]. <https://www.cdc.gov/hepatitis/global/index.htm>.
- [2] SETO W K, LO Y R, PAWLOTSKY J M, et al. Chronic hepatitis B virus infection[J]. *The Lancet*, 2018, 392(10161): 2313-2324.
- [3] MCQUILLAN G M, COLEMAN P J, KRUSZON-MORAN D, et al. Prevalence of hepatitis B virus infection in the United States: The national health and nutrition examination surveys, 1976 through 1994[J]. *American Journal of Public Health*, 1999, 89(1): 14-18.
- [4] World Health Organization. Hepatitis B key facts[EB/OL]. [2024-06-26]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hepatitis-b>.
- [5] ASRANI S K, DEVARBHAVI H, EATON J, et al. Burden of liver diseases in the world[J]. *Journal of Hepatology*, 2019, 70(1): 151-171.
- [6] SCHUPPAN D, AFDHAL N H. Liver cirrhosis[J]. *The Lancet*, 2008, 371(9615): 838-851.
- [7] LAMPERTICO P, AGARWAL K, BERG T, et al. EASL 2017 clinical practice guidelines on the management of hepatitis B virus infection[J]. *Journal of Hepatology*, 2017, 67(2): 370-398.
- [8] YOU H, WANG F S, LI T S, et al. Guidelines for the prevention and treatment of chronic hepatitis B (version 2022)[J]. *Journal of Clinical and Translational Hepatology*, 2023, 11(6): 1425-1442.
- [9] GAO Y, LIU M, YAO L, et al. Cognitive behavior therapy for insomnia in cancer patients: A systematic review and network meta-analysis[J]. *Journal of Evidence-Based Medicine*, 2022, 15(3): 216-229.
- [10] 朱昌浩, 吴元凯, 李向永, 等. 慢性HBV感染者长期随访队列患者依从性现状及其影响因素[J]. *广东医学*, 2016, 37(23): 3578-3582.  
ZHU C H, WU Y K, LI X Y, et al. The compliance and its affecting factors with treatment guideline recommendations of chronic HBV infection: A long-term follow-up cohort study[J]. *Guangdong Medical Journal*, 2016, 37(23): 3578-3582.
- [11] HYUN C S, KO O, LEE S, et al. Long term outcome of a community-based hepatitis B awareness campaign: Eight-year follow-up on linkage to care (LTC) in HBV infected individuals[J]. *BMC Infectious Diseases*, 2019, 19(1): 638.
- [12] VOULGARIS T, VLACHOGIANNAKOS J, IOANNIDOU P, et al. Adherence to follow-up and treatment recommendations in Greek and immigrant patients with chronic hepatitis B in Greece[J]. *European Journal of Gastroenterology & Hepatology*, 2017, 29(3): 264-270.
- [13] NGUYEN V T T, MCLAWS M L, DORE G J. Highly endemic hepatitis B infection in rural Vietnam[J]. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 2007, 22(12): 2093-2100.
- [14] YU Z L, FISHER L. Improving hepatitis B screening and vaccination rates in a veterans affairs resident-based primary care clinic[J]. *BMJ Open Quality*, 2023, 12(4): e002120.
- [15] KIKUCHI M, SAWABE M, AOYAGI H, et al. Development of an intervention system for linkage-to-care and follow-up for hepatitis B and C virus carriers[J]. *Hepatology International*, 2022, 16(1): 68-80.
- [16] SHEPPARD-LAW S. Non-adherence to anti-viral therapy and utilisation of hepatocellular carcinoma screening among people living with chronic Hepatitis B in Sydney[D]. Sydney: The University of New South Wales, 2016.
- [17] MONTUCLARD C, HAMZA S, ROLLOT F, et al. Causes of death in people with chronic HBV infection: A population-based cohort study[J]. *Journal of Hepatology*, 2015, 62(6): 1265-1271.
- [18] 潘登, 谢今朝, 顾菁, 等. 基于健康信念模式的慢性HBV感染者随访依从性影响因素研究[J]. *中华疾病控制杂志*, 2023, 27(5): 569-573.  
PAN D, XIE J Z, GU J, et al. Influencing factors of adherence to follow-up among patients with chronic HBV infection based on health belief model[J]. *Chinese Journal of Disease Control & Prevention*, 2023, 27(5): 569-573.
- [19] 周荣, 李红军, 王振卿. 聚焦解决模式在慢性乙型肝炎患者随访管理中的应用效果[J]. *护理管理杂志*, 2016, 16(3): 211-213.  
ZHOU R, LI H J, WANG Z Q. The effect of solution-focused approach in follow-up management of chronic hepatitis B patients[J]. *Journal of Nursing Administration*, 2016, 16(3): 211-213.
- [20] SHAREH H, ROBATI Z, OLADI F, et al. The effectiveness of cognitive behavioral group therapy on depression, hope and adjustment in patients with Hepatitis B[J]. *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences*, 2017, 19(5): 9423.
- [21] SCAGLIONE S J, LOK A S F. Effectiveness of hepatitis B treatment in clinical practice[J]. *Gastroenterology*, 2012, 142(6): 1360-1368.
- [22] DAI X C, GIL G F, REITSMA M B, et al. Health effects associated with smoking: A burden of proof study[J]. *Nature Medicine*, 2022, 28(10): 2045-2055.
- [23] MILLWOOD I Y, WALTERS R G, MEI X W, et al. Conventional and genetic evidence on alcohol and vascular disease aetiology: A prospective study of 500 000 men and women in China[J]. *Lancet*, 2019, 393(10183): 1831-1842.
- [24] OEFFINGER K C, FONTHAM E T H, ETZIONI R, et al. Breast cancer screening for women at average risk: 2015 guideline update from the American cancer society[J]. *JAMA*, 2015, 314(15): 1599-1614.

- [25] BARABÁSI A L. The origin of bursts and heavy tails in human dynamics[J]. *Nature*, 2005, 435(7039): 207-211.
- [26] KARSAI M, JO H H, KASKI K. *Bursty human dynamics*[M]. Cham: Springer International Publishing, 2018.
- [27] HONG W, HAN X P, ZHOU T, et al. Heavy-tailed statistics in short-message communication[J]. *Chinese Physics Letters*, 2009, 26(2): 028902.
- [28] OLIVEIRA J G, BARABÁSI A L. Darwin and Einstein correspondence patterns[J]. *Nature*, 2005, 437: 1251.
- [29] ANTENEODO C, MALMGREN R D, CHIALVO D R. Poissonian bursts in e-mail correspondence[J]. *The European Physical Journal B*, 2010, 75(3): 389-394.
- [30] ECKMANN J P, MOSES E, SERGI D. Entropy of dialogues creates coherent structures in e-mail traffic[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2004, 101(40): 14333-14337.
- [31] GONÇALVES B, RAMASCO J J. Human dynamics revealed through Web analytics[J]. *Physical Review E, Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 2008, 78(2): 026123.
- [32] HU H B, HAN D Y. Empirical analysis of individual popularity and activity on an online music service system[J]. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2008, 387(23): 5916-5921.
- [33] DEZSÖ Z, ALMAAS E, LUKÁCS A, et al. Dynamics of information access on the web[J]. *Physical Review E, Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 2006, 73(6): 066132.
- [34] ZHOU T, KIET H A T, KIM B J, et al. Role of activity in human dynamics[J]. *EPL (Europhysics Letters)*, 2008, 82(2): 28002.
- [35] 周涛, 韩筱璞, 闫小勇, 等. 人类行为时空特性的统计力学[J]. *电子科技大学学报*, 2013, 42(4): 481-540.  
ZHOU T, HAN X P, YAN X Y, et al. Statistical mechanics on temporal and spatial activities of human[J]. *Journal of University of Electronic Science and Technology of China*, 2013, 42(4): 481-540.
- [36] 周涛. 在线电影点播中的人类动力学模式[J]. *复杂系统与复杂性科学*, 2008, 5(1): 1-5.  
ZHOU T. Human activity pattern on on-line movie watching[J]. *Complex Systems and Complexity Science*, 2008, 5(1): 1-5.
- [37] GRABOWSKI A, KRUSZEWSKA N. Experimental study of the structure of a social network and human dynamics in a virtual society[J]. *International Journal of Modern Physics C*, 2007, 18(10): 1527-1535.
- [38] WU Y, ZHOU C S, CHEN M Y, et al. Human comment dynamics in on-line social systems[J]. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2010, 389(24): 5832-5837.
- [39] SACHAR Y, BRAHMANIA M, DHANASEKARAN R, et al. Screening for hepatocellular carcinoma in patients with hepatitis B[J]. *Viruses*, 2021, 13(7): 1318.
- [40] YIP T C F, WONG V W S, LAI M S M, et al. Risk of hepatic decompensation but not hepatocellular carcinoma decreases over time in patients with hepatitis B surface antigen loss[J]. *Journal of Hepatology*, 2023, 78(3): 524-533.
- [41] ZHANG B H, YANG B H, TANG Z Y. Randomized controlled trial of screening for hepatocellular carcinoma[J]. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology*, 2004, 130(7): 417-422.
- [42] CLAUSET A, SHALIZI C R, NEWMAN M E J. Power-law distributions in empirical data[J]. *SIAM Review*, 2009, 51(4): 661-703.
- [43] GOH K I, BARABÁSI A L. Burstiness and memory in complex systems[J]. *EPL (Europhysics Letters)*, 2008, 81(4): 48002.

编辑 张莉