

# 基于可解释随机森林算法的 MSM 安全套使用现状及其影响因素分析

杨碧辉<sup>1</sup>, 袁将<sup>1</sup>, 李娜<sup>2</sup>, 何佳<sup>3</sup>, 吐玛丽斯·卡依沙尔<sup>1</sup>, 梁姝<sup>4</sup>, 廖瑞平<sup>2</sup>, 冯善志<sup>5</sup>, 杨义<sup>3</sup>, 李苑<sup>1</sup>

1. 成都中医药大学公共卫生学院, 四川 成都 611137; 2. 彭州市疾病预防控制中心;

3. 成都中医药大学管理学院/健康四川研究院; 4. 四川省疾病预防控制中心; 5. 金堂县六色彩虹健康关爱服务中心

**摘要:**目的 分析 MSM 人群安全套坚持使用现状及影响因素, 为艾滋病防控干预策略制定提供参考依据。方法 2022 年 8—10 月对四川成都 281 名 MSM 进行问卷调查, 内容包括社会人口学信息、艾滋病相关服务、行为学以及心理状况等信息。采用随机森林算法对安全套坚持使用的影响因素进行降维并筛选, 再利用 SHAP 分析对变量筛选后的随机森林模型进行解释。结果 MSM 最近 6 个月安全套坚持使用率为 65.5%, 当降维后变量数为 7 时, 随机森林模型具有最佳的性能 (AUC: 0.834)。SHAP 分析结果表明变量重要性及其 SHAP 绝对值的均值依次为安全套使用自我效能得分情况 (0.079 0)、艾滋病相关歧视得分情况 (0.051 3)、是否有过异性性行为 (0.029 9)、居住情况 (0.011 4)、最近六个月同性性伴寻找途径 (0.007 8)、职业 (0.004 8) 以及性角色 (0.002 6), 其中, 安全套使用自我效能得分较低、艾滋病相关歧视得分较高、有过异性性行为、在家中接触同性性伴的 MSM 安全套坚持使用情况较差, 独居、职业为学生、性角色为两者都有的 MSM 安全套坚持使用情况较好。结论 提高 MSM 的安全套使用自我效能, 减少 HIV 相关歧视, 重点关注并干预有异性性伴的 MSM, 以及经常在家中接触同性性伴的 MSM 可能有助于提高 MSM 的安全套坚持使用率。

**关键词:** MSM; 安全套使用; 自我效能; 随机森林算法; SHAP 分析; 成都

中图分类号: R167 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2025)12-2133-08

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202501086

## Status and related factors of condom use among MSM based on random forest algorithm

YANG Bi-hui\*, YUAN Jiang, LI Na, HE Jia, TUMALISI Kayishaer, LIANG Shu,

LIAO Rui-ping, FENG Shan-zhi, YANG Yi, LI Yuan

\* School of Public Health, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu, Sichuan 611137, China

**Abstract: Objective** To analyze the status quo and influencing factors of condom use in MSM population, and to provide reference for the formulation of intervention strategies. **Methods** From August to October 2022, a questionnaire survey was conducted among 281 MSM in Chengdu, Sichuan Province, including social demographic information, AIDS-related services, behavioral and psychological status. The random forest algorithm was used to reduce and screen the influencing factors of condom use, and then SHAP analysis was used to explain the random forest model after variable screening. **Results** The rate of consistent condom use among MSM in the past 6 months was 65.5%. When the number of variables after dimensionality reduction was 7, the random forest model had the best performance (AUC: 0.834). The results of SHAP analysis showed that the mean value of the importance of variables and the absolute value of SHAP were the score of condoms use self-efficacy (0.079 0), the score of AIDS-related discrimination (0.051 3), whether there was heterosexual behavior (0.029 9), living conditions (0.011 4), the way to find homosexual partners in the last six months (0.007 8), occupation (0.004 8) and sexual role (0.002 6). MSM who had low condom use self-efficacy scores, high AIDS-related discrimination scores, had heterosexual sex, and had contact with same-sex partners at home had poor condom use adherence, while MSM who lived alone, were students, and had both sex roles had better condom use adherence. **Conclusion** Improving the condom use self-efficacy of MSM, reducing HIV-related discrimination, focusing on and intervening in MSM with heterosexual partners, and MSM who often contact with homosexual partners at home may help to improve the condom use rate of MSM.

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目 (81803300)

作者简介: 杨碧辉和袁将为共同第一作者。杨碧辉 (1998—), 男, 硕士在读, 研究方向: 流行病学与卫生统计学; 袁将 (2001—), 男, 硕士在读, 研究方向: 流行病学与卫生统计学

通信作者: 李苑和杨义为共同通信作者。李苑, Email: liyuan@cudtc.edu.cn; 杨义, Email: thehanyang@163.com

**Keywords:** MSM; Random forest algorithm; High-risk sexual behavior; Self-efficacy of condom use; SHAP analysis; Sichuan Chengdu

艾滋病是严重危害人类身心健康以及全球公共卫生的问题。男男性行为者 (men who have sex with men, MSM) 的 HIV (human immunodeficiency virus, HIV) 感染率正在世界范围内逐渐上升<sup>[1]</sup>, MSM 是中国艾滋病感染的最高风险群体<sup>[2]</sup>。尽管正确且持续使用安全套已被证实是预防 HIV 传播最有效的方式<sup>[3]</sup>, 但 MSM 群体因存在特殊性行为模式 (如肛交、多性伴侣等) 以及复杂性角色特征 (插入方/接受方的), 导致其安全套坚持使用率偏低<sup>[4]</sup>, Meta 分析显示中国 MSM 的安全套坚持使用率仅为 47%<sup>[5]</sup>。既往研究表明, MSM 安全套使用行为受多维度的因素影响: 个体层面涉及个人的性角色、性伴类型等因素; 群体层面包括特定场所 (同性酒吧、浴池等) 的社交网络; 认知层面涵盖安全套的使用知识、污名化感知等; 行为层面涉及物质和药物使用 (酒精、rush 药物等)<sup>[6]</sup>。影响因素分析常用 Logistic 回归, 可通过计算 OR 值来推断预测因子与结果之间的方向与程度, 但在处理多变量数据时, 容易出现模型复杂度过高并增加过拟合风险从而出现错误假设的问题<sup>[7]</sup>。

随着机器学习技术在公共卫生领域的应用拓展, 随机森林 (Random Forest, RF) 算法凭借其处理多变量预测及非线性关系的优势, 在 HIV 感染预测中展现出卓越的性能<sup>[8-9]</sup>, 然而其“黑箱”特性制约了结果的可解释性<sup>[10]</sup>。SHAP 分析 (Shapley Additive Explanations, SHAP) 可量化各变量对预测结果的边际贡献, 从而弥补了 RF 模型在可解释性上的不足<sup>[11]</sup>。本研究旨在结合 RF 模型与 SHAP 分析, 探讨 MSM 人群安全套坚持使用现状及影响因素, 为提高 MSM 人群安全套坚持使用率、降低 MSM 人群的 HIV 感染率的干预政策制定提供参考依据。

## 1 对象与方法

本研究通过四川省疾病预防控制中心伦理委员会和成都中医药大学附属医院医学伦理委员会审查 (编号: 2022KL-057-01)。

**1.1 研究对象** MSM, 纳入标准: ①年龄大于 18 岁男性; ②最近六个月内有过插入性口交或肛交同性性行为; ③沟通交流无障碍; ④自愿接受调查, 并提供知情同意。排除标准为: ①已接受过本轮调查; ②精神病史。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 抽样方法** 2022 年 8 月至 10 月之间在成都市及周边市区 7 个 MSM 社会组织 (non-governmental

organizations, NGO) 固定检测处通过立意抽样、滚雪球抽样进行招募, 借助社会组织微信公众号发布招募信息, 每位调查对象至多推荐 3 名 MSM 参加本研究, NGO 志愿者严格筛选剔除重复。样本含量计算公式如下:

$$n = \mu_{\alpha}^2 \pi (1 - \pi) / \delta^2 \quad (\text{式 1})$$

$\pi$  为 MSM 安全套坚持使用率, 参考中国西部地区 MSM 相关研究,  $\pi$  取 57.58%<sup>[12]</sup>,  $\alpha$  为 0.05,  $\mu_{\alpha}$  (双侧检验) 为 1.96,  $\delta$  为 7%, 计算出  $n = 192$ 。考虑到无效问卷不超过 20%, 样本为 231 人。最终, 共招募 286 人, 完成有效问卷 281 份, 有效率 98.25%。

**1.2.2 问卷调查** 调查对象签署知情同意书后, 首先接受 HIV 抗体检测, 然后在 NGO 志愿者指导下自填问卷, 调查结束后, 调查员立即检查是否有缺项和错项, 并及时更正。基于前期相关课题及文献回顾, 问卷包括: 一般人口学信息、艾滋病相关服务情况、行为学信息及安全套使用情况、心理情况。

**艾滋病相关服务情况:** 艾滋病相关宣传与服务接受、艾滋病检测以及艾滋病知识知晓情况, 艾滋病知识知晓采用《全国艾滋病哨点监测实施方案》(2022 年修订版) 针对 MSM 的艾滋病知识题目, 8 个题目回答正确  $\geq 6$  道即为“知晓”;

**行为学信息:** 包括最近 6 个月性伴寻找方式、性行为情况, Rush 及毒品使用情况。与同性发生性行为时安全套使用情况: “从未使用”、“偶尔使用”和“经常使用”为未坚持使用安全套, “每次都”为坚持使用安全套。

**心理情况:** 包括性心理 (如性取向)、安全套使用自我效能情况、艾滋病相关歧视情况。安全套使用自我效能借鉴 Hanna 博士设计的安全套使用自我效能量表 CSES (Condom Self-Efficacy Scale, CSES)<sup>[13]</sup>, 保留三个维度 13 个条目 (Cronbach  $\alpha = 0.946$ ), 采用 5 分李克特量表, 回答范围从 1 到 5, 得分范围从 13 ~ 65 分, 分数越高表示安全套使用自我效能越好。艾滋病相关歧视借鉴 Zelaya 设计的量表<sup>[14]</sup>, 保留四个维度 10 个条目 (Cronbach  $\alpha = 0.852$ ), 包括 4 个正向条目与 6 个负向条目, 采用 5 分李克特量表, 答案选项均为非常同意、同意、不确定、反对和非常反对。正向条目依次记为 1、2、3、4、5 分, 负向则相反, 得分范围从 10 ~ 50 分, 得分越高, 表示歧视越严重。

**1.3 统计分析** 采用 Epidata 3.1 软件建立数据库并双输核查。使用 SPSS 25.0 软件进行描述性分析。定量变量采用均值和标准差描述, 定性变量采用频率

和构成比描述。使用 R 4.4.2 软件完成 RF 模型的变量排序、变量筛选、预测分析、模型评估以及 SHAP 分析。

## 2 结果

**2.1 MSM 一般人口学特征** 281 名 MSM 平均年龄  $31.10 \pm 11.38$  岁, 25 岁及以下者 116 名(占 41.3%); 农村户口 153 名(占 54.4%); 未外出务工者 187 名(占 66.5%); 大专及以上学历者 161 名(占 57.3%); 个体服务或其他职业 95 名(占 33.8%); 未婚者 195 名(占 69.4%); 与家人一起居住者 121 名(占 43.1%); 个人月收入在 1 000 ~ 4 999 者 146 名(占 52.0%); 详见表 1。

**2.2 艾滋病知识知晓及相关服务情况** 281 名 MSM 艾滋病知识知晓者占 80.0%, 曾接受过艾滋病相关知识宣传的占 85.4%, 接受艾滋病相关服务的占 77.9%。HIV(+)24(8.5%)人, 其中 1 人为新检测阳性; HIV(-)257(91.5%)人, 257 名 HIV(-)MSM 中 25 人报告此前从未进行过 HIV 抗体检测。详见表 1。

**2.3 行为学情况** 281 名 MSM 性角色为两者都有者占 40.9%(115 名), 与同性性伴的接触的主要渠道为在家中接触和互联网接触, 分别占 49.8% 与 42.0%, 107 人(38.1%)曾与异性伴侣发生过性关系, 5 人(1.8%)曾吸过毒。最近 6 个月中, 172 人(61.2%)有同性固定性伴, 179 人(63.9%)有同性临时性伴, 98 人(34.9)人有过不专一性行为(即在有固定性伴的情况下, 仍与临时性伴发生了性行为), 92 人(32.7%)使用过 Rush(或零号胶囊等类似物品), 97 人(34.5%)未坚持使用安全套。具体情况见表 1。

**2.4 心理特征** 281 名 MSM 性取向为同性恋者占 64.4%(181 名); 安全套使用自我效能平均得分为  $48.41 \pm 11.77$  分, 得分较高组为 57 ~ 65 分, 中等组为 45 ~ 56 分, 较低组为 13 ~ 44 分<sup>[15]</sup>; 艾滋病相关歧视平均得分为  $21.09 \pm 6.57$  分, 得分较高组为 25 ~ 39 分, 中等组组为 17 ~ 24 分, 较低组为 10 ~ 16 分<sup>[15]</sup>。详见表 1。

**2.5 MSM 安全套坚持使用情况** 281 名 MSM 最近 6 个月坚持使用安全套的有 184 人, 安全套坚持使用率为 65.5%。

**2.6 基于 RF 算法的变量筛选** 将所有变量纳入 RF 模型后(变量赋值见表 2), 基于 RF 模型的变量重要性排序情况详见图 1, 当变量数量为 7 时, 拥有最低的袋外估算误差率(详见图 2), 此时 RF 模型具有最佳性能(AUC:0.834, 详见图 3), 保留的变量为安全套使用自我效能得分情况、居住情况、职业、艾滋病相关

表 1 MSM 安全套坚持使用现状

Table 1 The status of consistent condom use among MSM

变量	总计 (构成比/ %)	安全套坚持 使用数(坚持 使用率/%)
年龄		
≤25 岁	116(41.3)	85(73.3)
26 ~ 39 岁	96(34.2)	62(64.6)
≥40 岁	69(24.5)	37(53.6)
户口类型		
城镇户口	128(45.6)	79(61.7)
农村户口	153(54.4)	105(68.6)
外出务工情况		
未外出务工过	187(66.5)	62(66.0)
外出务工过	94(33.5)	122(65.2)
文化程度		
初中及以下	40(14.2)	21(52.5)
中专/职高/技校或普通高中	80(28.5)	52(65.0)
大专及以上学历	161(57.3)	111(68.9)
职业		
工人、农民	48(17.1)	29(60.4)
企业或事业单位	88(31.3)	58(65.9)
个体服务或其他职业	95(33.8)	59(62.1)
学生	50(17.8)	38(76.0)
婚姻状况		
未婚	195(69.4)	142(72.8)
已婚	63(22.4)	32(50.8)
离异或丧偶	23(8.2)	10(43.5)
居住情况		
独居	87(31.0)	62(71.3)
仅与配偶(或固定性伴)居住	55(19.6)	30(54.5)
与家人一起居住	121(43.1)	80(66.1)
集中居住或其他	18(6.4)	12(66.7)
个人月收入		
低于 1 000 元	47(16.7)	33(70.2)
1 000 ~ 4 999 元	149(53.0)	95(63.8)
5 000 元及以上	85(30.2)	56(65.9)
艾滋病相关知识宣传		
未接受过	41(14.6)	27(65.9)
接受过	240(85.4)	157(65.4)
艾滋病相关服务		
未接受过	62(22.1)	44(71.0)
接受过	219(77.9)	140(63.9)
HIV 抗体检测结果		
阳性	24(8.5)	13(54.2)
阴性	257(91.5)	171(66.5)
艾滋病知识知晓情况		
知晓	45(16.0)	29(64.4)
不知晓	236(84.0)	155(65.7)
性角色		
插入方	101(35.9)	61(60.4)
被插入方	65(23.1)	44(67.7)
两者都有	115(40.9)	79(68.7)
最近六个月同性固定性伴有无		
有	172(61.2)	105(61.0)
无	109(38.8)	79(72.5)
最近六个月同性临时性伴有无		
有	179(63.7)	113(63.1)
无	102(36.3)	71(69.6)
最近六个月与同性性伴接触的主要渠道		

(续表)

变量	总计 (构成比/ %)	安全套坚持 使用数(坚持 使用率/%)
在家中接触	140(49.8)	92(65.7)
互联网接触	118(42.0)	73(61.9)
同性酒吧、浴池以及同性茶楼等其他 途径	23(8.2)	19(82.6)
最近六个月不专一性行为的有无		
有	98(34.9)	62(63.3)
无	183(65.1)	122(66.7)
是否和异性发生过性关系		
发生过	107(38.1)	52(48.6)
未发生过	174(61.9)	132(75.9)
最近六个月,使用 rush(或零号胶囊等类 似物品)情况		
使用过	92(32.7)	56(60.9)
未使用过	189(67.3)	128(67.7)
是否吸过毒		
是	5(1.8)	1(50.0)
否	276(98.2)	183(65.8)

(续表)

变量	总计 (构成比/ %)	安全套坚持 使用数(坚持 使用率/%)
性取向		
同性恋	181(64.4)	123(68.0)
双性恋	80(28.5)	49(61.3)
不确定	20(7.1)	12(60.0)
安全套使用自我效能得分		
较低	82(29.2)	27(32.9)
中等	123(43.8)	90(73.2)
较高	76(27.0)	67(88.2)
艾滋病相关歧视得分		
较低	76(27.0)	58(76.3)
中等	121(43.1)	86(71.1)
较高	84(29.9)	40(47.6)

歧视得分情况、是否有过异性性行为、最近六个月同性性伴寻找途径以及性角色。

表 2 变量赋值

Table 2 Variable assignment

变量	赋值
因变量	
最近六个月安全套坚持使用情况	未坚持使用 = 0; 坚持使用 = 1
一般人口学特征	
年龄	≤25 岁 = 0; 26 ~ 39 岁 = 1; ≥40 岁 = 2
户口类型	城镇户口 = 0; 农村户口 = 1
外出务工情况	无 = 0; 有 = 1
文化程度	初中及以下 = 0; 中专/职高/技校或普通高中 = 1; 大专及以上 = 2
职业	工人、农民 = 0; 企业或事业单位 = 1; 个体服务或其他职业 = 2; 学生 = 3
婚姻状况	未婚 = 0; 已婚 = 1; 离异或丧偶 = 2
居住情况	独居 = 0; 仅与配偶(或固定性伴)居住 = 1; 与家人一起居住 = 2; 集中居住或其他 = 3
个人月收入	低于 1 000 元 = 0; 1 000 ~ 4 999 元 = 1; 5 000 元及以上 = 2
艾滋病知识知晓及相关服务情况	
艾滋病相关知识宣传	未接受过 = 0; 接受过 = 1
艾滋病相关服务	未接受过 = 0; 接受过 = 1
HIV 抗体检测结果	阴性 = 0; 阳性 = 1
艾滋病知识知晓情况	不知晓 = 0; 知晓 = 1
行为学情况	
性角色	插入方 = 0; 被插入方 = 1; 两者都有 = 2
最近六个月同性固定性伴有无	无 = 0; 有 = 1
最近六个月同性临时性伴有无	无 = 0; 有 = 1
最近六个月与同性性伴接触的主要渠道	在家中接触 = 0; 互联网接触 = 1; 同性酒吧、浴池以及同性茶楼等其他途径 = 2
最近六个月不专一性行为的有无	无 = 0; 有 = 1
是否和异性发生过性关系	无 = 0; 有 = 1
最近六个月,使用 rush(或零号胶囊等类似物品)情况	无 = 0; 有 = 1
是否吸过毒	无 = 0; 有 = 1
心理特征	
性取向	同性恋 = 0; 双性恋 = 1; 不确定 = 2
安全套使用自我效能得分	较低 = 0; 中等 = 1; 较高 = 2
艾滋病相关歧视得分	较低 = 0; 中等 = 1; 较高 = 2

**2.7 基于 SHAP 分析的模型结果解释** 采用 SHAP 分析对变量筛选后的 RF 模型进行可视化分析,结果如图 4 所示,纵轴表示各变量及其 SHAP 平均效应,按重要性大小自上而下排列,横轴表示 SHAP 值,

SHAP 值为正值代表该因素对因变量为正向影响,负值代表负向影响,散点颜色由紫色到黄色表示变量赋值由小到大,点的集合表示变量对预测结果整体方向及大小。结果显示:变量重要性及其 SHAP 绝对值的

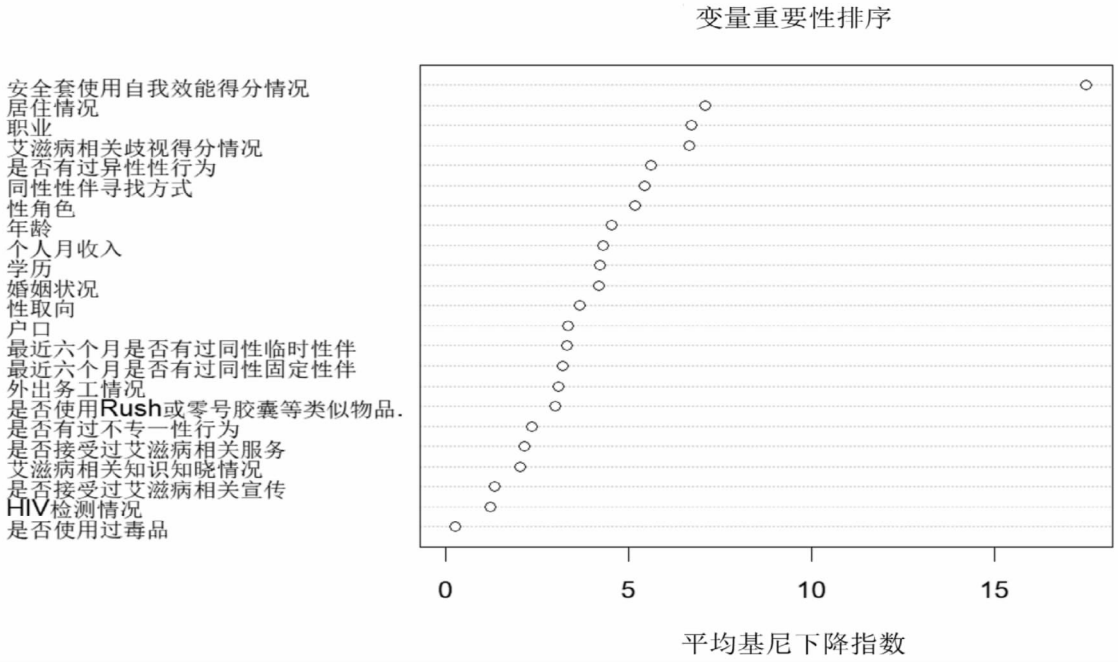


图 1 RF 模型变量重要性排序图

Fig. 1 RF model variable importance ranking diagram

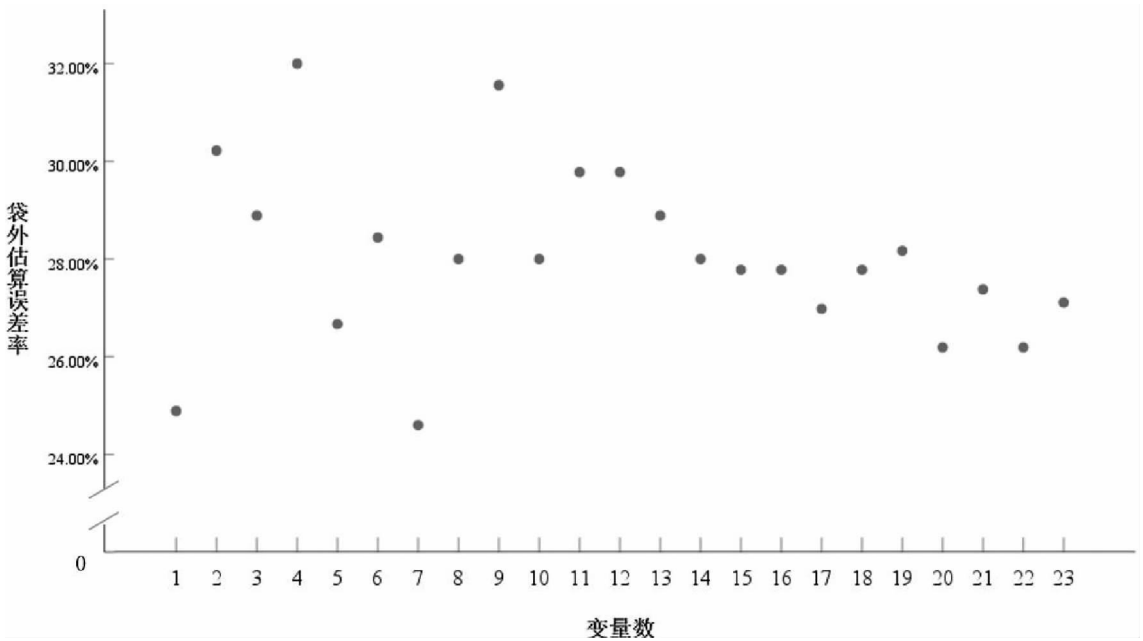


图 2 RF 模型袋外估算误差率图

Fig. 2 RF model out-of-bag estimation error rate diagram

均值依次为安全套使用自我效能得分情况 (0.079 0)、艾滋病相关歧视得分情况 (0.051 3)、是否有过异性性行为 (0.029 9)、居住情况 (0.011 4)、最近六个月同性性伴寻找途径 (0.007 8)、职业 (0.004 8) 以及性角色 (0.002 6), 其中, 安全套使用自我效能得分较低、艾滋病相关歧视得分较高、有过异性性行为、在家中接触同性性伴的 MSM 最近六个

月安全套坚持使用情况较差, 而独居、职业为学生、性角色为两者的 MSM 最近六个月安全套坚持使用情况较好。

### 3 讨论

在本研究中 MSM 最近 6 个月安全套坚持使用率为 65.5%, 高于全国平均水平 (47%)<sup>[5]</sup>, 但 HIV 患病

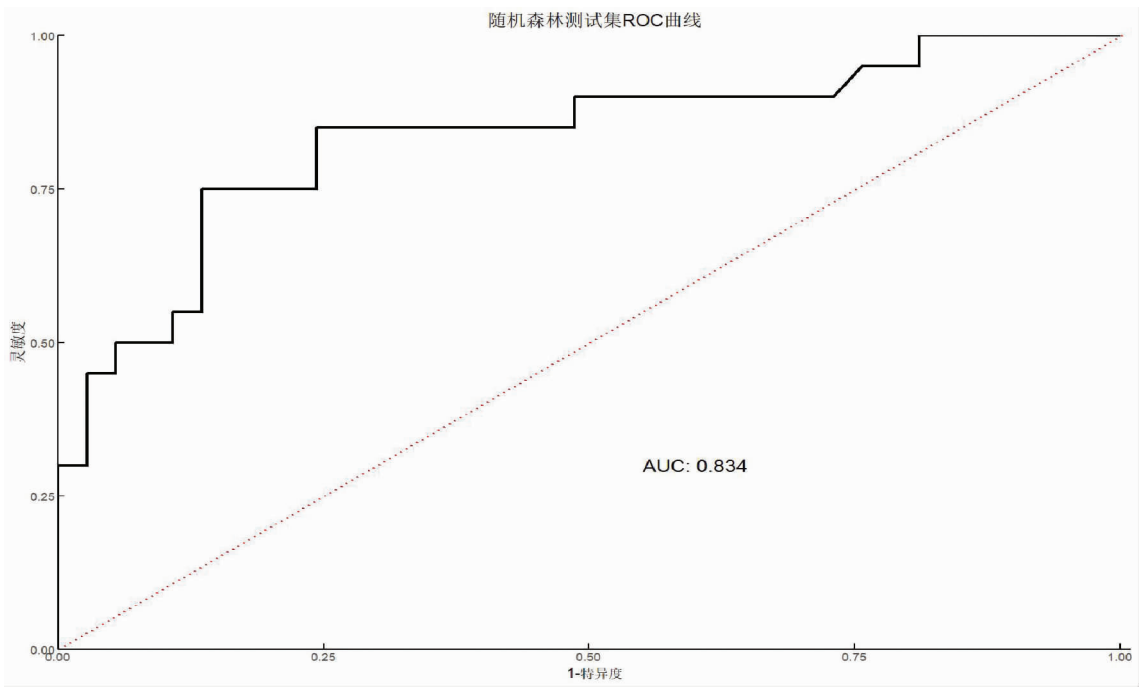


图 3 RF 模型的受试者特征(ROC)曲线图

Fig.3 Receiver operating characteristic ( ROC ) curve of RF model

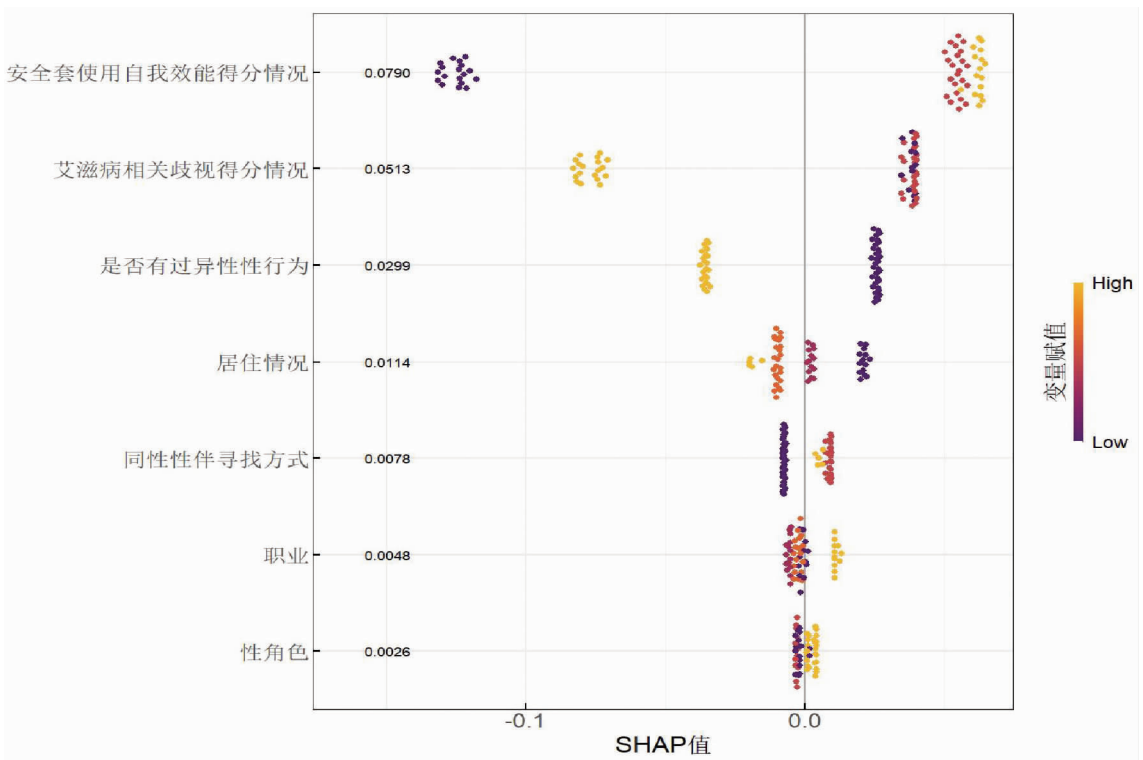


图 4 基于 SHAP 分析的 RF 模型可解释性散点图

Fig.4 Interpretable scatter plot of RF model based on SHAP analysis

率为 8.5% ,以既往感染为主,略高于既往哨点监测 6% 的结果<sup>[16]</sup>。

本研究的结果显示,安全套使用自我效能是 MSM 安全套坚持使用的首要预测因子,得分较低的

MSM 安全套坚持使用率较低(32.9%) ,该指标综合反映安全套使用的决策自主性(主动提出使用安全套)、技能掌握度(能否正确使用安全套)以及沟通效能(与伴侣协商使用安全套)三个维度。当安全套使

用协商被伴侣误解为忠诚度质疑时<sup>[3]</sup>,低自我效能感的 MSM 更易回避继续沟通<sup>[4]</sup>,导致无法坚持使用安全套。这提示未来干预需突破个体层面,对 MSM 伴侣双方进行联合干预,着力强化伴侣间关于安全套使用的沟通,以提高 MSM 的安全套使用自我效能。艾滋病相关歧视是本研究的另一重要预测因子,本研究中艾滋病相关歧视得分较高的 MSM 有着更低的安全套坚持使用率(47.6%),研究发现对艾滋病患者的歧视,同时担心对方认为自己感染 HIV 的矛盾的心理驱使 MSM 更有可能降低安全套使用意愿<sup>[17]</sup>。提示消除对艾滋病患者刻板的不良印象,减少对艾滋病的恐惧,降低艾滋病相关歧视是有效提高 MSM 安全套坚持使用的正确干预方向。本研究的结果显示,有过异性性行为的 MSM 安全套坚持使用率更低(48.6%),与近年我国东部地区研究结果相似<sup>[18]</sup>,这类 MSM 是将艾滋病从高危的 MSM 人群向普通女性传播的“桥梁”人群<sup>[19]</sup>,需重点精准干预。

本研究的结果还显示:独居 MSM 安全套坚持使用情况较好(71.3%)。考虑到独居 MSM 在日常生活中的决策较少受到他人的干扰,这可能使得他们在性行为决策上更具自主性,而独立生活环境又强化了他们对自身健康的管理能力,从而能在发生性行为时不受伴侣干扰地作出使用安全套的决策。本研究中,习惯在家中接触同性性伴的 MSM 安全套使用率较差(65.7%),熟悉的环境和熟悉的伴侣之间带来的“信任感”会降低安全套使用意愿<sup>[4]</sup>,这一发现突破了传统公共场所干预模式,提示干预重心需由公共场所干预转移至居家干预。

本研究中,学生群体及双重性角色 MSM 的安全套坚持使用情况更好(76.0%,68.7%),与过往研究相异<sup>[20-21]</sup>。这一结果可能反映了近年来高校防艾活动的深入推广,使大学生在预防艾滋病传播方面的意识显著提高,并能够更有效地运用艾防知识加以自我保护<sup>[22]</sup>,而由于双重性角色群体作为重点干预对象,往往接受更为频繁的检测与干预服务,从而在安全套使用行为上形成了正向反馈效应。这反应了精准干预工作的有效成果,未来还需继续根据新的研究成果对 MSM 特定风险特征和行为模式设计新的精准干预策略。

综上所述,提高 MSM 的安全套使用自我效能,减少 HIV 相关歧视,重点关注并干预有异性性伴的 MSM,以及经常在家中接触同性性伴的 MSM 可能有助于提高 MSM 的安全套坚持使用率。本研究不足之处是横断面研究限制了对研究结果的因果解释。

**利益冲突声明** 本研究不存在任何利益冲突

## 参考文献

- [1] Mirzazadeh A, Noori A, Shengelia N, et al. HIV continues to spread among men who have sex with men in Georgia; time for action[J]. PLOS One, 2019, 14(4): e0214785.
- [2] He N. Research progress in the epidemiology of HIV/AIDS in China[J]. China CDC Weekly, 2021, 3(48): 1022-1030.
- [3] Shen Y, Zhang C, Valimaki MA, et al. Why do men who have sex with men practice condomless sex? A systematic review and meta-synthesis[J]. BMC Infectious Diseases, 2022, 22(1): 850.
- [4] Wang Y, Wang ZZ, Jia MM, et al. Association between a syndemic of psychosocial problems and unprotected anal intercourse among men who have sex with men in Shanghai, China[J]. BMC Infectious Diseases, 2017, 17(1): 46.
- [5] Wu J, Hu YF, Jia YJ, et al. Prevalence of unprotected anal intercourse among men who have sex with men in China: an updated meta-analysis[J]. PLOS One, 2014, 9(5): e98366.
- [6] 林伊慧,唐林霞,裴云霞,等.中国男男性行为者发生无保护性肛交影响因素质性研究的 Meta 整合[J].中国艾滋病性病,2024,30(10):1107-1111.  
Lin YH, Tang LX, Qiu YX, et al. Meta synthesis of qualitative studies on influencing factors of unprotected anal intercourse among MSM in China[J]. Chinese Journal of AIDS & STD, 2024, 30(10): 1107-1111. (In Chinese)
- [7] Goldstein BA, Navar AM, Carter RE. Moving beyond regression techniques in cardiovascular risk prediction: applying machine learning to address analytic challenges [J]. European Heart Journal, 2017, 38(23): 1805-1814.
- [8] 王嘉儒,杨永,张瑛,等.人工智能在 HIV 感染风险预测中的应用进展[J].中国艾滋病性病,2024,30(5):526-530.  
Wang JR, Yang Y, Zhang Y, et al. Application of artificial intelligence for HIV infection risk prediction[J]. Chinese Journal of AIDS & STD, 2024, 30(5): 526-530. (In Chinese)
- [9] He JJ, Li JH, Jiang SQ, et al. Application of machine learning algorithms in predicting HIV infection among men who have sex with men: Model development and validation [J]. Frontiers in Public Health, 2022, 10: 967681.
- [10] Petch J, Di S, Nelson W. Opening the black box: the promise and limitations of explainable machine learning in cardiology [J]. Canadian Journal of Cardiology, 2022, 38(2): 204-213.
- [11] Lundberg SM, Lee SI. A unified approach to interpreting model predictions[J]. Neural Information Processing Systems, 2017.
- [12] Hu L, Luo YT, Zhong XN, et al. Condom use and related factors among rural and urban men who have sex with men in western China: based on Information-Motivation-Behavioral skills model [J]. American Journal of Men's Health, 2020, 14(1): 1557988319899799.
- [13] Hanna KM. An adolescent and young adult condom self-efficacy scale[J]. Journal of Pediatric Nursing, 1999, 14(1): 59-66.
- [14] Zelaya CE, Sivaram S, Johnson SC, et al. HIV/AIDS stigma: reliability and validity of a new measurement instrument in Chennai, India[J]. AIDS and Behavior, 2008, 12(5): 781-788.

(下转第 2165 页)

- 版)[J]. 中华糖尿病杂志, 2021, 13(4): 315 - 409.
- Chinese Medical Association Diabetes Branch. Chinese Guidelines for the Prevention and Treatment of Type 2 Diabetes (2020 edition) [J]. Chinese Journal of Diabetes Mellitus, 2021, 13(4): 315 - 409. (In Chinese)
- [13] 中国成人血脂异常防治指南修订联合委员会. 中国成人血脂异常防治指南(2016 年修订版)[J]. 中华心血管病杂志, 2016, 44(10): 833 - 853.
- Joint Committee on the Revision of Guidelines for the Prevention and Treatment of Dyslipidemia in Chinese Adults. Guidelines for the prevention and treatment of dyslipidemia in Chinese adults (revised edition 2016)[J]. Chinese Journal of Cardiology, 2016, 44(10): 833 - 853. (In Chinese)
- [14] Xu JP, Zeng RX, Zhang YZ, et al. Systemic inflammation markers and the prevalence of hypertension: A NHANES cross - sectional study[J]. Hypertension Research, 2023, 46(4): 1009 - 1019.
- [15] Akyüz A, Işık F. Systemic immune - inflammation index: a novel predictor for non - dipper hypertension [J]. Cureus, 2022, 14(8): e28176.
- [16] Bautista LE, López - Jaramillo P, Vera LM, et al. Is C - reactive protein an Independent risk factor for essential hypertension? [J]. Journal of Hypertension, 2001, 19(5): 857 - 861.
- [17] Sung KC, Suh JY, Kim BS, et al. High sensitivity C - reactive protein as an Independent risk factor for essential hypertension[J]. American Journal of Hypertension, 2003, 16(6): 429 - 433.
- [18] Kawada T, Morihashi M, Ueda H, et al. Neutrophil cell count is related to hypertension in workers: A cross - sectional study [J]. Vascular Disease Prevention, 2007, 4(3): 225 - 228.
- [19] Bautista LE, Vera LM, Arenas IA, et al. Independent association between inflammatory markers (C - reactive protein, interleukin - 6, and TNF - alpha) and essential hypertension [J]. Journal of Human Hypertension, 2005, 19(2): 149 - 154.
- [20] Namin SS, Zhu YP, Croker BA, et al. Turning neutrophil cell death deadly in hypertensive vascular disease [J]. Canadian Journal of Cardiology, 2024, 40(12): 2356 - 2367.
- [21] Chen Y, Li YP, Liu MQ, et al. Association between systemic immunity - inflammation index and hypertension in US adults from NHANES 1999 - 2018 [J]. Scientific Reports, 2024, 14(1): 5677.
- [22] Shi YM, Zhou W. Threshold effect of systemic immune inflammatory index on hypertension in American adults (NHANES 2017 - 2020) [J]. Journal of Hypertension, 2023, 41(12): 2107 - 2112.
- [23] Xie SL, Wang KF, Zhang W, et al. Immunodeficiency in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease [J]. Inflammation, 2018, 41(5): 1582 - 1589.
- [24] Fattori V, Amaral FA, Verri WAJ. Neutrophils and arthritis: Role in disease and pharmacological perspectives [J]. Pharmacological Research; the Official Journal of the Italian Pharmacological Society, 2016, 112: 84 - 98.
- [25] Schuster S, Hurrell B, Tacchini - Cottier F. Crosstalk between neutrophils and dendritic cells: a context - dependent process [J]. Journal of Leukocyte Biology, 2013, 94(4): 671 - 675.
- [26] Kruger P, Saffarzadeh M, Weber ANR, et al. Neutrophils: between host defence, immune modulation, and tissue injury [J]. PLOS Pathogens, 2015, 11(3): e1004651.
- [27] Ou - Yang H, Fu HY, Luo Y, et al. Inflammation markers and the risk of hypertension in People living with HIV [J]. Frontiers in Immunology, 2023, 14: 1133640.
- [28] Suzuki K. Chronic inflammation as an immunological abnormality and effectiveness of exercise [J]. Biomolecules, 2019, 9(6): 223.
- [29] Chung HY, Cesari M, Anton S, et al. Molecular inflammation: underpinnings of aging and age - related diseases [J]. Ageing Research Reviews, 2009, 8(1): 18 - 30.
- [30] Wu JZ, Xia SJ, Kalionis B, et al. The role of oxidative stress and inflammation in cardiovascular aging [J]. BioMed Research International, 2014, 2014: 615312.
- [31] 苏朱娜, 牛永茂, 吴祺晟, 等. 某石油炼化企业职工血压偏高现状及影响因素分析 [J]. 中国职业医学, 2024, 51(4): 405 - 409.
- Su ZN, Niu YM, Wu QS, et al. Analyzing the current status and influencing factors of elevated blood pressure among employees in a petroleum refining enterprise [J]. China Occupational Medicine, 2024, 51(4): 405 - 409. (In Chinese)
- [32] 刘子秀, 吕蒙, 高丽, 等. 石化企业职业人群高血压危险因素分析及其患病风险预测 [J]. 工业卫生与职业病, 2023, 49(2): 130 - 134.
- Liu ZX, Lv M, Gao L, et al. Risk factors analysis and risk prediction of hypertension in occupational population of petroleum enterprises [J]. Industrial Health and Occupational Diseases, 2023, 49(2): 130 - 134. (In Chinese)

收稿日期: 2025-01-06

## (上接第 2139 页)

- [15] Kelley TL. The selection of upper and lower groups for the validation of test items [J]. Journal of Educational Psychology, 1939, 30(1): 17 - 24.
- [16] Unaid. Unaid key population Atlas [EB/OL]. [2025 - 05 - 11]. <https://kpatlas.unaid.org/dashboard>.
- [17] Liao MZ, Wang M, Shen XJ, et al. Bisexual behaviors, HIV knowledge, and stigmatizing/discriminatory attitudes among men who have sex with men [J]. PLOS One, 2015, 10(6): e0130866.
- [18] Ge R, Chen L, Chen WJ, et al. Comparison of human immunodeficiency virus - related risky sexual behaviors between men who have sex with men only and men who have sex with men and women: A cross - sectional study in Eastern China [J]. Preventive Medicine Reports, 2024, 48: 102923.
- [19] He HJ, Lv F, Zhang NN, et al. Look into the HIV Epidemic of Gay Community with a Socio - Cultural Perspective: A Qualitative Study in China, 2015 - 2016 [J]. PLOS One, 2017, 12(1): e0170457.
- [20] 郑杰滔, 张晓菲, 傅继华. 大学生 MSM 行为学特征及其 HIV 感染状况研究进展 [J]. 中国艾滋病性病, 2017, 23(6): 575 - 577.
- Zheng JT, Zhang XF, Fu JH. Research progress on behavioral characteristics and prevalence of HIV in men who have sex with men among college students [J]. Chinese Journal of AIDS & STD, 2017, 23(6): 575 - 577. (In Chinese)
- [21] 王晗, 童俊然, 陈怀良, 等. 重庆市不同性角色 MSM 行为特征及 HIV 和梅毒感染现状 [J]. 中国艾滋病性病, 2022, 28(10): 1159 - 1163.
- Wang H, Tong JR, Chen HL, et al. Sexual roles, behavioral characteristics and HIV/syphilis infection among MSM in Chongqing [J]. Chinese Journal of AIDS & STD, 2022, 28(10): 1159 - 1163. (In Chinese)
- [22] 王斌, 陈琳, 柴程良, 等. 基于结构方程模型的大学生男男性行为者 HIV 暴露后预防药物使用情况及相关因素研究 [J]. 中国艾滋病性病, 2024, 30(11): 1130 - 1135.
- Wang B, Chen L, Chai CL, et al. Post - exposure prophylaxis (PEP) usage and related factors among college MSM based on structural equation modeling [J]. Chinese Journal of AIDS & STD, 2024, 30(11): 1130 - 1135. (In Chinese)

收稿日期: 2025-01-06